

INTERNAL COMBUSTION ENGINE, METHOD OF ITS OPERATION AND CONTINUOUS DELIVERY OF WORKING MEDIUM

Publication number: RU2126490

Publication date: 1999-02-20

Inventor: DZH LAJELL GINTER (US)

Applicant: DZH LAJELL GINTER (US)

Classification:

- international: **F02C3/30; F01K21/04; F02M25/03; F02C3/20; F01K21/00; F02M25/00;** (IPC1-7): F02C3/30

- European: F01K21/04E

Application number: RU19950113455 19931027

Priority number(s): US19920967289 19921027; WO1993US10280 19931027

Also published as:

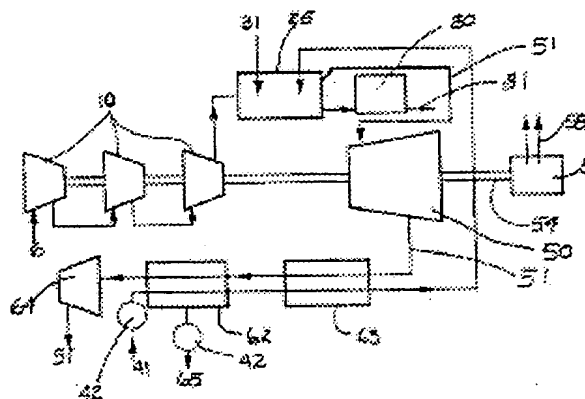
WO9410427 (A1)
WO9410427 (A1)
EP0666962 (A1)
EP0666962 (A1)
US6289666 (B1)

more >>

Report a data error he

Abstract of RU2126490

FIELD: mechanical engineering; internal combustion engines. **SUBSTANCE:** proposed internal combustion engine operating at high pressure uses working medium consisting of mixture of compressed air components not used at combustion, fuel combustion products and steam. Invention contains description of operation of this engine and method of continuous delivery of working medium in steam - air engines. According to invention working medium is delivered at constant pressure and temperature. Air for combustion is delivered adiabatically by one or several compression stages. Fuel is injected at required pressure. At least 40% of compressed air is combusted. Inert liquid at high pressure is injected to form steam and, consequently, inert steam-diluter of high specific heat capacity required for internal cooling of turbine with internal combustion or other system. **EFFECT:** prevention of contamination, provision of high efficiency and power output of engine, reduced specific fuel consumption. 62 cl, 10 dwg



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 126 490⁽¹³⁾ C1

(51) МПК⁶ F 02 C 3/30

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 95113455/06, 27.10.1993

(30) Приоритет: 27.10.1992 US 07/9672289

(46) Дата публикации: 20.02.1999

(56) Ссылки: EP 0209820 A1, 28.01.87. SU 31190A, 31.07.33. SU 1749511 A1, 23.07.92. EP 0081996 A1, 22.06.83. DE 3514718 A2, 31.10.85.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 26.04.95

(86) Заявка РСТ:
US 93/10280 (27.10.93)

(87) Публикация РСТ:
WO 094/10427 (11.05.94)

(98) Адрес для переписки:
103735 Москва, ул.Ильинка 5/2, Союзпатент
патентному поверенному Томской Е.В.

(71) Заявитель:
Дж.Лайелл Гинтер (US)

(72) Изобретатель: Дж.Лайелл Гинтер (US)

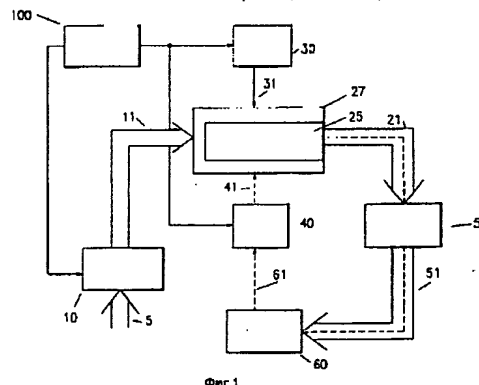
(73) Патентообладатель:
Дж.Лайелл Гинтер (US)

(54) ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, СПОСОБ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ И НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДАЧИ РАБОЧЕГО ТЕЛА

(57) Реферат:

Двигатель внутреннего сгорания, работающий под высоким давлением, в котором используется рабочее тело, состоящее из смеси сжатых неиспользованных при горении компонентов воздуха, продуктов сгорания топлива и пара и способ работы двигателя и непрерывной подачи рабочего тела используются в паровоздушных двигателях. Согласно изобретениям рабочее тело выдается при постоянном давлении и температуре. Воздух для горения подается адиабатически одной или несколькими ступенями сжатия. Топливо впрыскивают под нужным давлением. Сжигается по меньшей мере около 40% всего сжатого воздуха. Впрыскивается инертная жидкость под высоким давлением для образования пара и получения таким образом инертного пара-разбавителя с высокой удельной теплоемкостью, требующегося для внутреннего охлаждения турбины с

внутренним сгоранием или системы другого типа. Активное применение впрыскивания жидкости препятствует образованию загрязнений, повышает КПД и мощность двигателя и уменьшает удельный расход топлива. 2 с. и 60 з.п. ф-лы, 1 табл., 10 ил.



Фиг.1

RU 2 126 490 C1

RU 2 126 490 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 126 490** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁶ **F 02 C 3/30**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 95113455/06, 27.10.1993
 (30) Priority: 27.10.1992 US 07/967289
 (46) Date of publication: 20.02.1999
 (85) Commencement of national phase: 26.04.95
 (86) PCT application:
 US 93/10280 (27.10.93)
 (87) PCT publication:
 WO 94/10427 (11.05.94)
 (98) Mail address:
 103735 Moskva, ul. Il'inka 5/2, Sojuzpatent
 patentnomu poverennomu Tomskoj E.V.

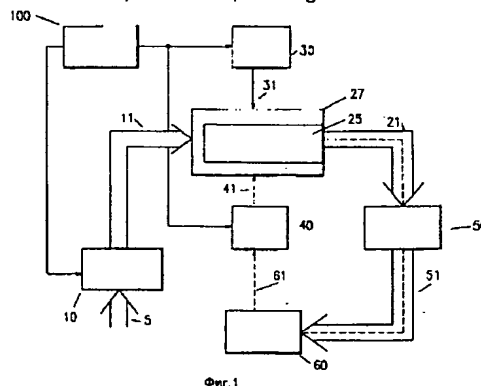
(71) Applicant:
 Dzh.Lajell Ginter (US)
 (72) Inventor: Dzh.Lajell Ginter (US)
 (73) Proprietor:
 Dzh.Lajell Ginter (US)

(54) INTERNAL COMBUSTION ENGINE, METHOD OF ITS OPERATION AND CONTINUOUS DELIVERY OF WORKING MEDIUM

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering; internal combustion engines. SUBSTANCE: proposed internal combustion engine operating at high pressure uses working medium consisting of mixture of compressed air components not used at combustion, fuel combustion products and steam. Invention contains description of operation of this engine and method of continuous delivery of working medium in steam - air engines. According to invention working medium is delivered at constant pressure and temperature. Air for combustion is delivered adiabatically by one or several compression stages. Fuel is injected at required pressure. At least 40% of compressed air is combusted. Inert liquid at high pressure is injected to form steam and, consequently, inert steam-diluter of high specific heat capacity required for internal cooling of turbine with internal combustion

or other system. EFFECT: prevention of contamination, provision of high efficiency and power output of engine, reduced specific fuel consumption. 62 cl, 10 dwg



RU 2 126 490 C1

RU 2 126 490 C1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к паровоздушному двигателю, который работает под высоким давлением и в котором используется рабочее тело, состоящее из смеси сжатого воздуха, продуктов сгорания топлива и пара. Кроме того, изобретение относится к процессам выработки электроэнергии в системе сжигания топлива, обладающей высоким КПД при низком удельном расходе топлива. Изобретение относится также к получению в процессе электроэнергии питьевой воды без значительного снижения КПД или повышения расхода топлива.

Двигатели внутреннего сгорания в целом подразделяются на двигатели с постоянным объемом или двигатели с постоянным давлением. Тактовые карбюраторные двигатели действуют на основе принципа взрывания летучего топлива в постоянном объеме сжатого воздуха возле верхней мертвой точки, в то время как в тактовых дизельных двигателях сгорание топлива происходит в более умеренных условиях, и для сгорания характерным является приблизительно постоянное давление.

Двигатели внешнего сгорания представлены паровыми двигателями и турбинами, а также некоторыми формами газовых турбин. Известно использование, в газовой турбине рабочего тела, нагретого и сжатого во внешнем источнике подачи рабочего тела, а также применение в различных движущихся устройствах энергии, накопленной в этом сжатом газе.

Известно также сжигание топлива в камере и выброс продуктов сгорания в рабочий цилиндр, иногда вместе с инжекцией воды или пара в соответствии с повышающейся температурой. Эти двигатели также могут быть отнесены к числу двигателей внешнего сгорания.

Предлагаются некоторые другие устройства, в которых камеры сгорания охлаждают путем добавления воды или пара вовнутрь вместо применения наружного охлаждения. Так, например, в патенте EP 209820 (D1) предложено добавление в камеру сгорания сочетания пара и воды, причем инжекцию воды понижают до значения расхода, позволяющего поддерживать установленную степень уменьшения выбросов Nox . Нет данных об использовании инжекции воды с целью повышения выработки энергии или того, что воду впрыскивали в количествах, позволяющих значительно увеличить объем рабочего тела, поступающего в турбину, с целью увеличения выработки электроэнергии. Кроме того, для увеличения выработки энергии используют инжекцию на выходе компрессора не воды, а пара. При наличии достаточного объема пара инжекция воды прекращается. В частности, в EP 209820 для инжекции в зону горения предпочитают пар, при его наличии, в качестве замены воды. В некоторых режимах работы расход воды полностью исключается. Другой вид устройства предложен для работы с использованием инжекции топлива в цилиндр сгорания при понижении температуры, при наличии средств, прекращающих инжекцию топлива, когда давление достигает нужной величины.

Каждый из этих предлагавшихся в прошлом двигателей имел недостатки, не допускавшие их широкого распространения в качестве источников энергии для первичных двигателей. Среди этих недостатков - 5 неспособность такого двигателя удовлетворить внезапную потребность и/или поддержать постоянные рабочую температуру или давление, как может потребоваться для эффективной эксплуатации такого двигателя.

Кроме того, управление такими двигателями неэффективно, а способность газогенератора оставаться в состоянии незагруженного резерва совершенно неудовлетворительна. Во всех применяемых на практике конфигурациях двигателей 10 потребность в охлаждении стенок, ограничивающих рабочие цилиндры, ведет к снижению КПД и ко множеству других недостатков, присущих двигателям внутреннего сгорания.

Настоящее изобретение позволяет преодолеть перечисленные выше недостатки. Во-первых, снижается потребность в воздушном или жидкостном наружном охлаждении за счет инжекции воды в процессе сгорания с целью контроля температуры полученного рабочего тела. Когда таким образом производится инжекция 15 воды с превращением ее в пар, она сама становится частью рабочего тела, увеличивая объем рабочего тела без механического сжатия. Рабочее тело увеличивается при преобразовании избыточной температуры рабочего газа в давление пара.

В настоящем изобретении для согласования требований к рабочему двигателю используют независимый контроль температуры пламени горения и соотношения 20 компонентов топливно-воздушной смеси. Контроль температуры пламени предупреждает также образование Nox и разложение CO_2 , описанное ниже.

В настоящем изобретении используют также высокие степени сжатия в качестве средства повышения КПД и мощности при 25 одновременном снижении удельного расхода топлива. При инжекции воды и ее превращении в пар в камере сгорания настоящего изобретения она воспринимает давление камеры сгорания. Следует отметить, что это давление камеры сгорания воспринимается паром вне зависимости от степени сжатия в двигателе. Таким образом, в двигателе можно получить более высокую 30 степень сжатия без выполнения дополнительной работы по сжатию при инжекции дополнительного пара или воды. Поскольку согласно настоящему изобретению предусматривается инжекция большого количества воды, отпадает необходимость в сжатии разбавляющего воздуха, обычно применявшегося в предполагавшихся ранее 35 системах для охлаждения. Отпадение этой потребности обеспечивает огромную экономию энергии в системе.

Поскольку согласно настоящему изобретению степень сжатия в устройстве 40 возрастает при инжекции воды, очевидными становятся несколько преимуществ. Начнем с того, что не требуется никакой дополнительной работы для дополнительного сжатия воды или пара после того, как они были сжаты первоначально; иными словами,

после сжатия пара до 2 атмосфер не требуется выполнять дополнительную работу по его дальнейшему сжатию до более высокого давления. В этом заключается отличие его, например, от воздуха, для повышения давления которого и получения таким образом дополнительной массы рабочего тела требуется выполнить дополнительную работу. Кроме того, при инъекции воды и превращении ее в пар согласно настоящему изобретению она воспринимает давление камеры сгорания без выполнения дополнительной работы. Этот пар также имеет постоянные энтропию и энтальпию.

В настоящем изобретении избыточное отходящее тепло горения превращается в давление пара и в дополнительную массу рабочего тела без механического участия. В отличие от этого в типичной циклической турбине Брайтона 66 - 75% механически сжатого воздуха используют для разбавления воздухом продуктов сгорания с целью понижения температуры рабочего тела в соответствии с требованиями к температуре на входе турбины.

Поскольку пар в два и более раза увеличивает образовавшееся при горении рабочее тело и на 15% и более увеличивает чистую мощность, воду можно рассматривать как топливо в новой термодинамической системе, поскольку она обеспечивает давление, мощность и эффективность настоящей системы.

Цикл согласно настоящему изобретению может быть открытым или замкнутым в отношении воздуха и воды по отдельности или вместе. Опреснение или очистка воды может оказаться побочным продуктом выработки электроэнергии на стационарных установках или на судах, причем цикл является открытым в отношении воздуха и замкнутым в отношении утилизации опресненной воды. Морские энергетические установки или системы очистки воды для ирригации приемлемы также с точки зрения охраны окружающей среды.

Настоящий цикл может также быть применен в фазе замкнутого цикла на подвижных объектах, т.е. легковых автомобилях, грузовиках, автобусах, пассажирском авиатранспорте и т.п.

Одной из задач настоящего изобретения является предложение нового, термодинамического энергетического цикла, который может быть открытым или замкнутым, и в котором происходит сжатие воздуха и стехиометрическое сжигание топлива и воздуха таким образом, чтобы обеспечить выработку эффективной, чистой энергии, с контролируемым загрязнением окружающей среды.

Кроме того, задачей настоящего изобретения является также полный контроль температуры горения в двигателе за счет использования скрытой теплоты испарения воды без необходимости механического сжатия разбавляющего воздуха.

Еще одной задачей настоящего изобретения является уменьшение нагрузки воздушного компрессора относительно энергетической турбины, применяемой в двигателе, так чтобы можно было добиться медленного холостого хода и более быстрого разгона.

Еще одной задачей настоящего изобретения является возможность, в случае необходимости, отдельно контролировать температуру на входе турбины.

5 Другой задачей настоящего изобретения является варьирование в соответствии с необходимостью состава рабочего тела.

10 Кроме того, задачей настоящего изобретения является обеспечение достаточной выдержки времени в миллисекундах, допускающей стехиометрическое горение, соединение и время для полного тушения и равновесного баланса.

15 Задачей настоящего изобретения является также такое горение и такое охлаждение продуктов горения, предупреждающие образование вызывающих смог компонентов, таких как NO_x , NC -, CO -, мелкие частицы, продукты разложения CO_2 и т.п.

20 Задачей настоящего изобретения является также создание системы горения, обеспечивающей полное превращение химической энергии в тепловую.

25 Кроме того, задачей настоящего изобретения является эксплуатация всей энергетической системы при как можно более низкой температуре, однако с хорошим термическим КПД.

30 Задачей настоящего изобретения является также обеспечение процесса конденсации при определенном разрежении с целью охлаждения, конденсации, отделения и утилизации пара в форме сконденсированной воды.

35 Задачей настоящего изобретения является также создание системы выработки электроэнергии, в которой в качестве охладителя используется морская вода и которая позволяет получить питьевую опресненную воду в качестве продукта выработки электроэнергии.

40 Задачей настоящего изобретения является также предложение нового цикла, который включает модифицированный цикл Брайтона в течение верхней части работы двигателя и паровоздушный паровой цикл в течение нижней части работы двигателя.

45 Задачей настоящего изобретения является также предложение турбинной системы выработки энергии, которая вырабатывает электроэнергию с более высоким КПД и при пониженном удельном расходе топлива по сравнению с существующими в настоящее время системами.

50 Задачей настоящего изобретения является также предложение системы выработки энергии, которая вырабатывает электроэнергию с общим КПД, значительно превышающим 40%.

55 В соответствии с одним из примеров реализации настоящего изобретения описан двигатель внутреннего сгорания. Этот двигатель включает компрессор, предназначенный для сжатия окружающего воздуха с получением сжатого воздуха, имеющего давление, превышающее или равное шести атмосферам, и повышенную температуру. Камера сгорания, соединенная с компрессором, конфигурирована таким образом, чтобы пропускать поступательный поток сжатого воздуха от компрессора. При инъекции топлива и воды соответственно в

камеру сгорания требуется отдельный контроль инъекции топлива и воды. Количество впрыснутых сжатого воздуха, топлива и жидкости, а также температура впрыскиваемой воды контролируются независимо друг от друга. Таким образом возникает возможность независимо контролировать среднюю температуру горения и соотношение топливоздушную смеси. Впрыснутое топливо и контролируемая часть сжатого воздуха сгорают, а выделившееся тепло превращает впрыснутую жидкость в пар. Превращение впрыснутой жидкости в пар уменьшает температуру газов, понижая температуру горения за счет отбора тепла на испарение. Количество жидкости значительно превышает вес топлива, расходуемого при горении. Поэтому массовый расход образованного в процессе горения рабочего тела может увеличиваться при большинстве режимов работы в два и более раз.

Таким образом, в камере сгорания в процессе горения при определенной температуре горения образуется рабочее тело, состоящее из смеси сжатого топлива, продуктов сгорания топлива и пара. Это рабочее тело можно затем подать на один или несколько рабочих двигателей для выполнения полезной работы.

В более конкретных вариантах реализации настоящего изобретения для запуска двигателя применяется свеча зажигания. Двигатель может работать в открытом или замкнутом цикле; в последнем случае часть выбросов рабочего тела может утилизироваться. Температуру в камере сгорания определяют основываясь на информации, полученной от размещенных в ней температурных детекторов и термостатов.

При использовании настоящего изобретения температуру горения понижают за счет использования средства контроля горения, так что в рабочем теле достигаются стехиометрическое скрепление и равновесие. Вся химическая энергия впрыснутого топлива преобразуется в процессе горения в тепловую энергию, а испарение воды с образованием пара создает циклоническую турбулентность, способствующую молекулярному перемешиванию топлива с воздухом, что приводит к улучшению стехиометрического горения. Впрыснутая вода поглощает всю избыточную тепловую энергию, понижая температуру рабочего тела до максимальной рабочей температуры рабочего двигателя. Когда впрыснутая вода преобразуется в пар, она воспринимает давление камеры сгорания, без затрат дополнительной работы на сжатие и без дополнительной энтропии или энтальпии. Тщательный контроль температуры горения позволяет предупредить образование газов и соединений, вызывающих или способствующих образованию атмосферного смога.

В другом варианте реализации настоящего изобретения осуществляется выработка электроэнергии с использованием морской воды в качестве охладителя, в результате чего в качестве продукта выработки электроэнергии получается питьевая опресненная вода.

В третьем варианте реализации

настоящего изобретения для двигателя описан новый процесс, так что когда двигатель работает со скоростью вращения, превышающей первую заранее установленную скорость вращения, инъекция воды и часть сжатого воздуха, принимающего участие в горении, остаются постоянными при возрастании скорости вращения двигателя. Между первой и второй установленными скоростями вращения возрастает отношение вода/топливо, возрастает доля принимающего участие в горении топлива и варьируется количество воздуха для горения. Когда двигатель вращается со скоростью ниже второй установленной заранее скорости вращения, инъекция воды пропорциональна топливу и постоянна, в то время как доля сжатого воздуха, принимающего участие в горении, остается постоянной.

Использование такого процесса позволяет увеличить мощность, понизить скорость вращения, замедлить работу на холостом ходу, ускорить разгон и довести долю принимающего участие в горении сжатого воздуха до 95% при низкой скорости вращения.

Более полное понимание изобретения и другие его задачи и преимущества будут достигнуты при изучении прилагаемых рисунков и следующего подробного описания. Сущность настоящего изобретения изложена с подробностями в прилагаемой формуле изобретения.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показана блок-схема паровоздушного паротурбинного двигателя в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 2 показана блок-схема, характеризующая взаимозависимость давления и объема в термодинамическом процессе, применяемом в настоящем изобретении.

На фиг. 3 показана схема, характеризующая взаимозависимость температуры и энтропии в термодинамическом процессе, применяемом в настоящем изобретении.

На фиг. 4 показана блок-схема паровоздушного паротурбинного двигателя, включающего средства для опреснения морской воды с целью получения питьевой воды в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 5 схематически показан один вариант реализации паровоздушного паротурбинного двигателя, показанного на блок-схеме на фиг. 4.

На фиг. 6 схематически показан второй вариант реализации паровоздушного паротурбинного двигателя с возможностями опреснения, включающими особенности настоящего изобретения.

На фиг. 7 графически показано влияние степени сжатия на термический КПД паровоздушного паротурбинного двигателя с фиг. 1.

На фиг. 8 графически показано влияние степени сжатия на термический КПД паровоздушного паротурбинного двигателя с фиг. 1.

На фиг. 9 графически показано влияние степени сжатия на мощность турбины паровоздушного паротурбинного двигателя с фиг. 1.

На фиг. 10 графически показано влияние

степени сжатия на полезную мощность паровоздушного паротурбинного двигателя с фиг.1.

Подробное описание изобретения

А. Базовая конфигурация настоящей системы

На фиг. 1 схематически показан газотурбинный двигатель, в котором реализованы положения настоящего изобретения. Окружающий воздух 6 сжимают компрессором 10 до нужной степени сжатия, получая сжатый воздух 11. В предпочтительном варианте реализации компрессор 10 является типичным хорошо известным трехступенчатым компрессором, а окружающий воздух сжимают до давления, превышающего четыре атмосферы, и предпочтительно 22 атмосферы, при температуре приблизительно 504,4°C (1400 °F).

Сжатый воздух подается регулятором расхода воздуха 27 в камеру сгорания 25. Камеры сгорания хорошо известны в технике и, в настоящем изобретении, сжатый воздух 11 может подаваться ступенчатым, круговым способом регулятором расхода воздуха 27, подобным описанному в патенте США No 3651641 (Гинтер), который включен сюда в качестве аналога. Сжатый воздух 11 подается регулятором воздуха 27 ступенчато, чтобы поддерживать температуру пламени горения в камере сгорания на низком уровне.

Топливо 31 впрыскивают под давлением регулятором инжекции топлива 30. Регулятор инжекции топлива также хорошо известен специалистам в данной области, и регулятор инжекции топлива 30, применяемый в настоящем изобретении, может состоять из ряда обычных одноструйных или многоструйных топливных форсунок. Система подачи топлива под давлением (не показана) используется для подачи топлива, которым может быть любое подходящее углеводородное топливо, такое как дизельное топливо #2, топочный мазут, предпочтительно не содержащий серы, а также спирты, такие как этанол. Этанол может быть предпочтительным в некоторых сферах применения, поскольку он включает или может быть смешан по меньшей мере с некоторым количеством воды, которое может быть использовано для охлаждения продуктов сгорания, уменьшая таким образом потребности во впрыскивании воды. Кроме того, смеси этанола с водой имеют гораздо более низкую точку замерзания, расширяя таким образом возможности использования двигателя в климатических условиях с температурами ниже 0°C (32°F).

Воду 41 впрыскивают под давлением регулятором инжекции воды 40 и могут распылять через одно или несколько сопел до, в процессе и вслед за горением в камере сгорания 25, как дополнительно объясняется ниже.

Температуру в камере сгорания 25 регулируют регулятором горения 100, работающим совместно с другими элементами настоящего изобретения, перечисленными выше. Регулятор горения 100 может быть обычным образом запрограммирован микропроцессором с обеспечивающей разрядной логикой, микрокомпьютером или любым другим хорошо известным устройством,

предназначенным для мониторинга и осуществления контроля в качестве реакции на сигналы обратной связи от мониторов, расположенных в камере сгорания 25 или связанных с другими компонентами настоящей системы.

Так, например, давление в камере сгорания 25 может регулироваться воздушным компрессором 10, реагирующим на изменения в скорости вращения двигателя. Датчики температуры и термостаты (не показаны) в камере сгорания 25 предоставляют регулятору горения информацию о температуре, на основании которой он дает команду регулятору инжекции воды 40 на впрыскивание большего или меньшего количества воды. Аналогичным образом регулятор горения 100 контролирует массу рабочего тела путем варьирования смеси топлива, воды и воздуха, сгорающих в камере сгорания. 25.

Существуют некоторые хорошо известные практические ограничения, которые регулируют приемлемый верхний уровень температуры горения. Самым главным из этих соображений является максимальная температура на выходе турбины, которая может быть урегулирована в любой системе. Для реализации желательной максимальной температуры на выходе турбины регулятор инжекции воды 40 контролирует впрыскивание воды в зависимости от потребностей рабочего тела с целью поддержания температуры горения в приемлемых границах. Впрыснутая вода поглощает значительную часть тепла пламени горения за счет затрат тепла на испарение воды при ее превращении в пар при давлении в камере сгорания 25.

Для возгорания топлива, впрыснутого в камеру сгорания 25, требуется степень сжатия более 12 : 1, необходимая для возгорания от самосжатия. Однако при более низких степенях сжатия возможно использование стандартной свечи зажигания (не показана).

Как упоминалось выше, регулятор горения 100 независимо контролирует количество сжатого воздуха для горения через посредство регулятора расхода воздуха 27, регулятор инжекции топлива 30 и регулятор инжекции воды 40, так чтобы сжигать впрыснутое топливо и расходовать часть сжатого воздуха. Для горения используется по меньшей мере 95% сжатого воздуха. Если при горении расходуется менее 100% O₂, то остается достаточно O₂ для завершения стехиометрического скрепления и для разгона. Если 100% воздуха расходуется в процессе горения, образуя CO₂, не остается кислорода для образования NO_x. Теплота горения превращает также впрыснутую воду в пар, образуя таким образом рабочее тело 21, состоящее из смеси сжатых, негорючих компонентов воздуха, продуктов сгорания топлива и пара, образованного в камере сгорания. Компрессор 10 может обеспечить степень сжатия от 4 : 1 до 100 : 1. Температуры на выходе турбины могут варьироваться от 399 °C (750°F) до 1260°C (2300°F) при том, что верхнее предельное значение определяется свойствами материалов.

Рабочий двигатель 50, обычно турбина, соединен с камерой сгорания 25 и получает

RU 2126490 C1

RU 2126490 C1

из нее рабочее тело 51 для выполнения полезной работы (например, путем вращения вала 54) что, в свою очередь, приводит в действие генератор 56, который вырабатывает электроэнергию 58. В то время как в настоящем изобретении рассматривается использование в качестве рабочего двигателя турбины, специалистам в данной области должно быть ясно, что рабочее тело, создаваемое в соответствии с настоящим изобретением, может приводить в действие поршневые двигатели, двигатели Ванкеля, кулачковые двигатели или иные типы рабочих двигателей.

Рабочее тело расширяется, проходя через рабочий двигатель 50. После расширения рабочее тело 51 выпускается с использованием системы контроля выхлопов 60 при варьирующемся давлении (в пределах от 0,1 атмосферы и выше), в зависимости от того, используется ли замкнутый цикл с вакуумным насосом или открытый цикл. Система контроля выхлопов 60 может также включать теплообменник 63 и/или конденсатор 62 для конденсации пара 61 из рабочего тела 51, а также рекомпрессор 64 для выпуска рабочего тела 51. Пар, сконденсированный в конденсаторе 62, отводится как питьевая вода 65.

В. Термодинамический процесс, применяемый в настоящем цикле.

1. Общие объяснения.

Когда описанная выше камера сгорания используется в двигателе на практике, достигается множество термодинамических преимуществ. Они будут лучше всего понятны путем ссылки на термодинамические процессы цикла, используемые в настоящем изобретении, как схематически показано на диаграммах P - V и T - S на фиг.2 и 3. Настоящее изобретение, в котором вместе с рабочей турбиной используют пар, воздух и водяной пар, обозначают как цикл VAST; VAST - товарная марка, принадлежащая заявителю. При построении диаграмм, показанных на фиг.2 и 3, использовали следующие параметры:

Степень сжатия = 22/1

3-ступенчатый компрессор

Температура на входе турбины: 982°C (1800°F)

Соотношение топлива и воздуха = 0,066

Расход 453 г (1 фунт) воздуха в секунду

Температура воды на входе: 100°C (212 °F)

КПД компрессоров, используемых в компрессоре = 85%

КПД рабочего двигателя (турбины) 50 = 85%

Однако, как показано выше, эти рабочие параметры являются просто представительными характеристиками варианта реализации изобретения. Степень сжатия, температура на входе турбины и температура воды на входе могут варьироваться в зависимости от требований сферы применения, в которой используется цикл VAST. Кроме того, соотношение топлива и воздуха меняется в зависимости от типа применяемого топлива с целью обеспечения стехиометрических количеств, а применение более совершенных конструкций позволяет увеличить КПД компрессора и турбины. Кроме того, фиг.2 и 3 были рассчитаны исходя из расхода воздуха в один фунт в секунду.

Повышение подачи воздуха при сохранении постоянного соотношения топлива/воздуха ведет к пропорциональному увеличению выработки энергии.

Цикл VAST является сочетанием рабочего цикла сжатого воздуха и парового цикла, поскольку и воздух, и пар присутствуют в качестве рабочего тела, в котором каждый создает часть суммарного давления, развиваемого в камере сгорания. В настоящем описании будет понятно, что термин "воздух" должен включать топливо, сгоревшее в подаваемом на вход воздухе наряду с любым избытком сжатого воздуха, который может присутствовать, и таким образом включает все продукты сгорания, в то время как термин "пар" относится к воде, которую впрыскивают в жидком виде, чтобы превратить ее в перегретый пар, но который также используется в рабочем цикле с изменением состояния, при котором часть пара становится жидкой водой. Новый цикл или процесс сгорания топлива допускает использование сочетания пара и воздуха в качестве рабочего тела, за исключением процесса сжатия, который касается только воздуха.

Ниже следует анализ термодинамических процессов цикла VAST. Как показано на фиг.2 и 3, процессы 1 - 2 и 2 - 3 показывают сжатие в компрессорах трехступенчатого компрессора 10. Условия на выходе компрессора 10 рассчитывают с использованием изэнтропических отношений для сжатия и реальные условия рассчитывают с использованием КПД компрессора 85%.

Как показано выше, сжатый воздух поступает в камеру сгорания 25 через регулятор расхода воздуха 27. Процесс, происходящий в камере сгорания, показан на фиг.2 и 3 как процессы 3 - 4.

В камере сгорания 25 топливо сжигается при постоянном давлении при условиях, также приближающихся к горению при постоянной температуре. Температура полностью контролируется, поскольку есть независимое регулирование топлива, воздуха и воды. Сжатый воздух, поступающий в камеру сгорания, после запуска, находится под постоянным давлением. Таким образом, сочетание подачи воздуха при постоянном давлении и фиксированном соотношении топлива/воздух с контролем температуры на выходе турбины путем впрыскивания воды обеспечивает постоянное давление в камере сгорания. Возгорание происходит в камере сгорания немедленно после впрыскивания топлива под высоким давлением и создает идеализированные условия возгорания для обеспечения эффективности и избежания загрязнений воздуха, причем рабочая смесь может первоначально быть богаче, чем смесь для полного сгорания, по мере продолжения горения добавляется дополнительный воздух, этот воздух добавляется по окружности вокруг горячего топлива и в количествах, которые как минимум равны количеству, необходимому для полного сгорания, стехиометрическому количеству, но могут в конечном счете превысить то, что необходимо для полного сгорания компонентов топлива. Как минимум 95% сжатого воздуха принимает участие в горении для того, чтобы оставить достаточно O₂ для завершения

стехиометрического скрепления и для разгона.

Регулятор инжекции воды 40 впрыскивает воду под высоким давлением, которое может достигать 280 кг/кв.см (4000 фунт/кв.дюйм) или более. Благодаря высокой температуре в камере сгорания 25 впрыснутая вода немедленно превращается в пар и смешивается с газообразными продуктами горения. И в этом случае количество воды, которое добавляется в камеру сгорания 25, зависит от температуры на входе турбины и температуры воды непосредственно перед впрыскиванием. Часть тепла, выделяющегося при сгорании топлива, расходуется на повышение температуры сжатого воздуха от трехступенчатого компрессора до температуры на входе турбины. Остальное тепло сгорания расходуется на превращение воды в пар. Этот процесс представлен на фиг.2 и 3 частями этих диаграмм, обозначенных 3 - 4.

Общие разъяснения, приведенные ниже, основываются на одном комплексе условий эксплуатации системы с использованием дизельного топлива #2. В частности, указаны степень сжатия 22/1 температура на входе турбины 982°C (1800°F), давление на выходе турбины в 1 атмосферу и температура воды на входе 100°C (212°F). Кроме того, КПД компрессора и рабочего двигателя принято равным умеренному значению 85%. В результате полезная мощность двигателя составила 318,9 кВт (427,48 л.с.), удельный расход топлива - 0,098 г/БТЕ (0,556 фунт/л. с. час) (0,096 г/кВт) и КПД 0,241 (таблица данных). Примеры, рассчитанные в таблицах данных, демонстрируют результат варьирования степени сжатия в пределах от 10 до 50 при сохранении постоянных значений отношения топливо/воздух, температуры воды и температуры на входе турбины.

Аналогичным образом могут варьироваться и другие рабочие параметры. Так, например, возможно повышение температуры воды, при максимальной температуре не выше желательной температуры на входе турбины. Предпочтительно было бы, чтобы температуры воды повышалась до уровня, не менее чем на 50°F (27°C) ниже температуры на выходе турбины. Чем выше температура воды, тем больше объем воды, необходимый для понижения температуры горения до температуры на входе турбины, в результате чего увеличивается объем газов, поступающих на турбину и возрастает выработка электроэнергии. Аналогичным образом может быть повышена или понижена температура на входе турбины. Примеры 1 - 10 в таблице данных были рассчитаны для температуры на входе турбины, равной 982 °C (1300°F). Это общепринятый максимум для турбин, в которых не используются жаропрочных сплавов или охлаждения полых лопаток воздухом или паром. Однако использование жаропрочных и/или коррозионностойких сплавов, жаропрочных композиционных материалов, керамических и иных материалов, предназначенных для использования при высоких температурах, таких как применяемые в турбореактивных двигателях, допускает работу при температуре, достигающей 1260°C (2300°F).

Примеры 11 - 16 иллюстрируют работу при более высоких температурах.

Примеры 1 - 5 на таблице показывают, какое влияние на мощность, КПД и удельный расход топлива оказывает увеличение степени сжатия воздуха. В примерах 6 - 10 показан эффект повышения температуры воды на входе и уменьшения давления на выходе (рассчитанный для КПД турбины и КПД компрессора, равных 85%). В примерах 11 - 16 показано влияние степени сжатия воздуха на систему с температурой на входе турбины 1093°C (2000°F), давлением на выходе турбины 0,5 атм и температурой воды на входе от приблизительно 329,5°C (625°F) до приблизительно 371°C (700°F), рассчитанное для принятого значения КПД турбины, равного 90%. Следует отметить, что КПД турбины, равное 93%, считается достижимым в настоящее время для существующих осевых турбин со сжатием воздуха и расширительных линий силовых турбин.

В примерах от 1 до 16 в качестве топлива используется дизельное топливо # 2, соотношение топлива и воздуха в рабочей смеси равно 0,066, что является стехиометрическим соотношением для дизельного топлива #2. При других видах топлива для поддержания стехиометрических соотношений требуются другие соотношения топлива и воздуха. В примере 17 применяется метан, и отношение топлива и воздуха равно 0,058. В связи с тем, что метан горит более эффективно чем дизельное топливо, на единицу веса воздуха требуется меньше топлива и, в результате, добавляется меньше воды.

Пример 17 также рассчитан для КПД турбины 93% и температуры на входе турбины 1190°C (2175°F), что считается рабочими параметрами для поставляемых промышленностью турбин (в которых не принимается заявленное изобретение).

Влияние изменения степени сжатия воздуха на показатели системы, перечисленные в примерах 11 - 16, графически изображено фиг.7 - 10.

Камера сгорания, являющаяся предметом настоящего изобретения, отличается от применявшихся до сих пор устройств в принципе, поскольку объем рабочего тела может быть увеличен или при постоянном давлении, или при постоянной температуре, или при том и другом одновременно. Постоянная температура поддерживается регулятором горения 100 путем контролируемой инжекции воды регулятором инжекции воды 40 в ответ на показания мониторов температуры (термостатов) в камере сгорания 25. В камере сгорания 25 типичные температуры горения жидких углеводородных топлива достигают от приблизительно 1649 до 2093°C (3000 - 3800 °F) при подаче компрессором 10 стехиометрического количества или некоторого избытка сжатого воздуха. Увеличение избытка воздуха приведет, конечно, к снижению температуры сгорания, но в небольшой степени повлияет на фактическую температуру горения или температуру зажигания.

Практический предел температуры выпуска из камеры сгорания 25 определяется

в свою очередь прочностью материала вмещающих стенок при температуре выпуска, высокой устойчивостью к температуре стенок камеры сгорания, конструкционными материалами энергетической турбины и наличием раздельного охлаждения лопаток турбины, или наружного, или внутреннего. Эту температуру выпуска регулируют в подходящих пределах путем варьирования инъекции воды под высоким давлением, при мгновенном превращении которой в пар тепло испарения и перегрева сравнивается с теплом сгорания сжигаемого топлива. (Температура горящего топлива снижается до нужной температуры на входе турбины за счет затрат тепла на испарение и перегрев при испарении воды и ее последующем нагреве до температуры на входе турбины). Количество впрыснутой воды определяется, таким образом, нужной рабочей температурой, будучи меньше в случае сильного перегрева пара, но фактически поддерживая фиксированную рабочую температуру.

Рабочее давление поддерживается на постоянном уровне компрессором 10 в соответствии с требующимся для любой заданной частоты вращения двигателя.

Полученное в результате рабочее тело в форме смеси газообразных продуктов сгорания и пара пропускают затем в рабочий двигатель 50 (обычно турбину, как показано выше), в котором имеет место расширение паргазовой смеси. Выходные условия на выходе рабочего двигателя 50 рассчитывают, используя энтропические отношения и КПД турбины. Этот процесс показан на фиг.1 и 2 линиями 4-5.

Выхлопные газы и пар из рабочего двигателя 50 пропускают затем через систему регулирования выхлопов 60. Система регулирования выхлопов 60 включает конденсатор, в котором температура понижается до температуры насыщения, соответствующей парциальному давлению пара на выпуске. Затем пар на выпуске турбины конденсируют и перекачивают назад в камеру сгорания 25 регулятором инъекции воды 40. Оставшиеся газообразные продукты сгорания пропускают затем через вторичный компрессор, в котором давление повышается вновь до атмосферного давления, так что они могут быть выпущены в атмосферу.

Можно видеть, что настоящее изобретение обладает значительными преимуществами в отношении скрытого тепла испарения воды. При впрыскивании в камеру сгорания воды и образовании пара получают несколько полезных результатов: (1) пар принимает собственное парциальное давление; (2) общее давление в камере сгорания будет давлением в камере сгорания, создаваемым воздушным насосом; (3) сжатие пара достигается без затрат механической работы, исключая небольшие затраты на закачивание воды под давлением; (4) высокий уровень давления пара достигается без механического сжатия, за исключением воды, при постоянной энтропии и энтальпии пара. Превращение воды в пар вызывает также охлаждение продуктов сгорания, обеспечивая контроль загрязнения окружающей среды, описанный ниже.

2. Контроль загрязнения окружающей среды.

При любом типе горения наблюдается тенденция к образованию продуктов, выступающих в реакцию на воздухе с образованием смога, что относится как к двигателям, так и к промышленным печам, хотя и разным образом. Настоящее изобретение позволяет уменьшить образование загрязняющих выбросов несколькими путями, рассмотренными ниже.

Во-первых, двигатели внутреннего сгорания работают с охлаждаемыми стенками и головками цилиндров, имеющими граничный слой охлаждения топливовоздушных смесей, достаточный для сведения к минимуму выброса при такте выпуска несгоревших углеводородов. Настоящее изобретение позволяет избежать охлаждения стенок камеры двумя различными путями поддержания на высоком уровне температуры горения, которые оба более подробно описаны в патенте США No. 3651641, упомянутом выше. В первом случае регулятором расхода воздуха 27 осуществляется подача горячего сжатого воздуха, протекающего вокруг наружной стенки камеры сгорания 25, так что горение происходит только в пределах небольшого пространства, нагретого до температуры, превышающей температуру зажигания. Во втором случае пламя горения заслонено воздухом, не смешанным с топливом. Таким образом, в двигателе, работающем в настоящем режиме, используется горение у нагретых стенок, предпочтительно выше 1093 °C (2000 °F).

Кроме того, образование смога подавляется также за счет эксплуатации камеры сгорания в определенном температурном диапазоне. Например, образование CO и других продуктов неполного сгорания подавляется путем высокотемпературного горения предпочтительно при температуре значительно выше 1093 °C (2000 °F), и путем выдерживания таких продуктов в течение значительного времени после начала горения. Однако при слишком высокой температуре образуется больше окислов и закисей азота. Таким образом, для уменьшения образования загрязнений не приемлемы ни слишком высокие, ни слишком низкие температуры. Регулятор горения 100 в настоящем изобретении начинает сгорание топлива в воздухе при высокой температуре, затем уменьшает эту температуру для значительного периода выдерживания и затем охлаждает (после завершения горения) до установленной заранее, препятствующей образованию загрязнений температуры путем инъекции воды. Таким образом, горение происходит сначала в богатой смеси; затем добавляется количество воздуха, достаточное для того, чтобы обеспечить полное сгорание топлива, с минимумом избыточного кислорода и для охлаждения газов до температуры ниже приблизительно 1649 °C (3000 °F) на период, равный приблизительно половине времени пребывания в камере сгорания 25; после этого в камеру сгорания непосредственно впрыскивают воду регулятором инъекции воды 40, чтобы поддержать приемлемую температуру, которая обеспечивает полное сгорание всех углеводородов.

В типичных двигателях углеводородные

топлива часто сжигают в смеси с воздухом, несколько более богатой топливом, т.е. при меньших чем стехиометрические пропорции, с целью повышения КПД. Это, однако, ведет к избыточному образованию СО и более сложных продуктов неполного сгорания. Настоящее изобретение, однако, поскольку оно предусматривает последовательную подачу воздуха регулятором воздуха 27, обеспечивает разбавление при сгорании и дальнейшее уменьшение образования загрязняющих выбросов.

Как было показано выше, оксиды азота также образуются более быстро при повышенных температурах, но их образование может также быть уменьшено путем контролируемого разбавления продуктов сгорания дополнительным сжатым воздухом.

Настоящий цикл горения совместим с полным и эффективным сгоранием топлива и позволяет избежать появления продуктов неполного сгорания и уменьшить образование других продуктов, таких как оксиды азота. Регулятор горения 100 сжигает продукты сгорания в течение значительного первоначального времени выдерживания, после чего продукты сгорания и избыточный воздух охлаждаются до приемлемой рабочей температуры двигателя, которая может находиться в диапазоне от 538 °C (1000°F) до 982 °C (1800°F) или достигать 1260 °C (2300°F), если в турбине использованы подходящие конструкционные материалы, или составлять всего от 371 °C (700°F) до 427 °C (800°F).

Равновесное состояние может быть обеспечено за счет применения камеры сгорания 25, длина которой в два - четыре раза превышает длину зоны горения камеры сгорания 25; однако возможно применение любой должным образом сконструированной камеры сгорания.

Горение в соответствии с приведенным описанием является способом образования образующих смог элементов, обеспечивая одновременно полное превращение энергии топлива в энергию рабочего тела.

Цикл VAST является системой сгорания с низким образованием загрязнений благодаря независимому регулированию отношения топлива и воздуха и температуры пламени. Регулирование отношения топлива и воздуха, в особенности, возможность использования для горения всего сжатого воздуха (или разведения при желании большим количеством сжатого воздуха) подавляет появление несгоревших углеводородов и окиси углерода в связи с неполным сгоранием. Использование вместо воздуха инертного разбавителя позволяет контролировать образование окиси азота и подавлять образование окиси углерода, возникающей за счет разложения двуокиси углерода при высокой температуре. Использование разбавителей с высокой удельной теплоемкостью, таких как вода или пар, уменьшает, как показано выше, потребность в разбавителе для регулирования температуры. В случае оксидов азота следует отметить, что цикл VAST позволяет подавлять их образование, вместо того чтобы, как это имеет место в других системах, допускать их образование и

потом пытаться решать трудную задачу их удаления. Чистым результатом действия всех этих факторов является то, что VAST применяется при разнообразных условиях с пренебрежимо малым образованием загрязнений, часто находящимся за пределом чувствительности масс-спектроскопической техники, применяемой для выявления углеводородов и оксидов азота.

Камера сгорания 25 представляет собой механизм для использования тепла и воды с целью создания нагретого до высокой температуры рабочего тела без неэффективности, имеющей место в случаях, когда тепло должно быть передано через теплообменник к мгновенному испарителю или котлу. Добавление воды вместо просто нагретого газа к продуктам сгорания представляет собой средство использования текучей среды для газа, мгновенного испарения воды для получения пара, что представляет собой очень эффективный источник массы и давления при одновременном достижении огромной гибкости в отношении температуры, объема и других факторов, которые можно регулировать независимо. Дополнительная степень свободы создается за счет добавления воды. Впрыснутая вода, добавленная в процессе горения, или для гашения процесса горения, в значительно степени уменьшает степень загрязнения, возникающего в результате большинства процессов горения.

В газообразных продуктах сгорания камеры сгорания 25 содержится всего около 30% азота от того его количества, которое имеет место в двигателе Брайтона открытого цикла с обычным разбавлением воздухом любой формы или модели, поскольку для охлаждения вместо избыточного воздуха используют воды и количество воздуха, поступающего в систему, за счет этого значительно уменьшается. Вода под действием низкого давления расширяется при превращении в пар и обеспечивает молекулярную активность, недостижимую при контролируемом внутреннем сгорании.

3. Инжекция воды

Регулятор инжекции воды 40 регулирует впрыскивание воды 41 через форсунки, предназначенные для распыления в камере водяного тумана. Воду можно впрыскивать в двигатель на одном или нескольких участках, включая: распыление в воздухе на входе компрессора 10 и подача со струей сжатого воздуха, генерируемой компрессором 10; распыление около или внутри топливной форсунки или множества топливных форсунок; распыление в пламени горения в камере сгорания 25, или в газообразных продуктах горения при любом нужном давлении; или далее в газообразных продуктах сгорания перед их поступлением в рабочий двигатель 50. Специалист в данной области легко может представить себе и другие участки. Как было показано выше, количество впрыснутой воды основывается на температуре продуктов сгорания, которую отслеживают термостаты в камере сгорания 25. Количество впрыснутой воды зависит также от системы, в которой используется цикл VAST. Например, если воду рециркулируют, как при использовании в транспортном средстве с двигателем, воду в

максимально возможной степени охлаждают, чтобы добиться приемлемого равновесия между общим количеством используемой воды и выработкой энергии, т.е. если температура воды на входе низка, а температура на входе турбины высока, для снижения температуры горения до температуры на входе турбины можно использовать небольшой объем воды. С другой стороны, если основной целью является получение при выработке электроэнергии питьевой воды из соленой воды, что рассматривается ниже, температуру воды на входе можно повысить в максимальной степени, в то время как температура на входе турбины понижается.

С. Другие варианты реализации настоящего изобретения

1. Энергетическая установка с опреснением воды

В случае выработки электроэнергии с использованием морской воды в качестве охладителя цикл является открытым по воздуху и электроэнергии, а вода используется, как показано на фиг.4 и 5. Морская вода 41, которую перекачивает насос 42, нагревается при ее прохождении через конденсатор 62 и теплообменник 63 в противотоке с отходящим рабочим телом 51, после чего мгновенно испаряется в более крупной версии камеры сгорания 25, описанной выше. Увеличение диаметра камеры сгорания уменьшает также скорость рабочего тела, чтобы обеспечить улучшение удаления соли.

Типичная температура работы камеры сгорания (816°C - 1260°C) (1500°F - 2300°F) превышает температуру плавления но значительно выше температуры кипения солей, содержащихся в морской воде (85% морской соли приходится на долю NaCl; дополнительные 14% составляют MgCl₂, MgSO₄, CaCl₂ и KCl). Поэтому, когда морская вода мгновенно испаряется, соли выпадают в виде жидкости. Например, NaCl плавится при 800°C (1473°F) и кипит при 1413°C (2575 °F), а другие соли имеют более низкую температуру плавления и более высокую температуру кипения. В результате расплавленные соли легко собираются на дне камеры сгорания и жидкие соли могут быть удалены скребковым устройством на дне камеры сгорания, пропущены через экструзионную головку, где им может быть придана форма стержней или окатышей, или даже быть распылены через форсунки с использованием давления в камере сгорания в качестве движущей силы, в камере охлаждения, где они могут отложиться в форме чешуек, порошка или окатышей любой желательной формы или размера, обеспечиваемых за счет выбора подходящих размеров и конфигурации распылительной форсунки. Поскольку соленая вода подвергается в камере сгорания воздействию чрезвычайно высоких температур, собранная соль стерильна и свободна от органических включений.

Вода, вес которой в 6 - 12 раз превышает вес топлива, распыляется в пламени горения и испаряется за несколько миллисекунд. Соль или примеси, захваченные паром, отделяют от пара путем кристаллизации, осаждения и/или фильтрации до очищения пара.

Механизм сбора и удаления соли 80

может быть завершен любым из множества хорошо известных средств на выходе из камеры сгорания 25, таких как продольный шлак. Это шнек герметизирован, чтобы не пропускать большого количества сжатых газов при его вращении и удалении осаждаемой соли. Как упоминалось выше, альтернативой является распыление расплавленной соли через распылительные форсунки в сборной башне, или экструдирование соли 81 в ленты или стержни, которые могут затем быть нарезаны на нужные размеры. Еще один вариант заключается в сливе расплавленной соли непосредственно в формы для получения соляных блоков 81, которые можно легко перевозить и использовать в химическом производстве.

Полученное рабочее тело, которое включает теперь чистый водяной пар, может быть использовано в стандартной паровой турбине или множестве турбин. После выполнения работы расширяющейся парогазовой смесью в конденсаторе 62 происходит конденсация пара 61, который становится источником пригодной для использования питьевой воды 65. Применение этого открытого цикла при степени сжатия 10 : 1 или 50 : 1 или выше можно вырабатывать электроэнергию при высоком КПД и низком удельном расходе топлива.

На фиг. 6 показан вариант опреснительной установки, применяемой в цикле VAST. В этом варианте реализации эффективность системы дополнительно повышается за счет улавливания отходящего тепла от камеры сгорания 25. Камера сгорания 25 заключена в теплообменнике 90 с двойным кожухом. В показанной версии горячий сжатый воздух 11, выходящий из компрессора 10, проходит через кожух 92, непосредственно окружающий камеру сгорания 25, перед тем как поступить в камеру сгорания 25. Холодная морская вода 41 поступает во второй кожух 94, который окружает первый кожух 92. Таким образом воздух 11 поглощает дополнительное тепло, которое обычно теряется камерой сгорания 25, и поступающая морская вода 41 поглощает часть тепла от сжатого воздуха 11. Дополнительное преимущество, поскольку воздух 11 находится под повышенным давлением, заключается в значительном снижении перепада давления по стенке камеры сгорания 25 (т. е. разницы между условиями внутри и снаружи камеры сгорания, как на фиг.5, или разницы между давлением внутри камеры сгорания и сжатым воздухом 11), что уменьшает напряжение в стенке камеры сгорания, вызванное сочетанием высокой температуры и высокого давления. Морскую воду 41 после пропуска через наружный кожух 94 камеры сгорания пропускают затем через конденсатор 62 и теплообменник 73, чтобы получить нужную температуру впрыскивания. Принимаются меры по поддержанию воды под давлением, достигающим 281 кг/кв.см (400 фунт/кв.дюйм) так чтобы при нагревании вода не превращалась в пар до впрыскивания в камеру сгорания 25, которая имеет более высокую температуру и, в большинстве случаев, более низкое давление, чем перегретая морская вода 41.

Очистка загрязненных отходов,

переработка твердых, жидких и газообразных отходов промышленных процессов, позволяющая получить полезные продукты с выработкой энергии в качестве побочного продукта также является возможной сферой применения двигателя с циклом VAST. Сточные воды от просушенных твердых отходов могут быть использованы в настоящем изобретении, позволяя получить в качестве одного из побочных продуктов профильтрованную, пригодную для использования воду. Горючие материалы являются дополнительным топливом для сжигания в камере сгорания 25, а неорганические просушенные отходы могут затем быть использованы для выработки удобрений. Очевидно, что использование настоящего изобретения позволяет извлекать другие химические соединения из твердых и жидких продуктов. Сферой применения является также переработка канализационных стоков. Другие сферы применения включают смягчение воды, выработку пара в сочетании с разведочным и эксплуатационным бурением, сбор и утилизация воды для ирригации почвы вместе с удобрениями и минералами, вымытыми из почвы и т.п.

2. Объединение циклов Брайтона и VAST
Другим вариантом реализации настоящего изобретения является применение объединенного цикла Брайтон-VAST. В основном при работе с числом оборотов свыше 20000 об/мин впрыскивание воды остается постоянным в количестве, приблизительно равном топливу по весу, в то время как часть сжатого воздуха, используемого для горения, уменьшается пропорционально увеличению числа оборотов двигателя. При числе оборотов ниже 20000 об/мин впрыскивание воды и часть сжатого воздуха, использованного при горении, возрастают. Например, на отрезке от 20000 до 10000 об/мин часть сжатого воздуха, использованного для горения, возрастает с приблизительно 25% до 95%. При числе оборотов ниже 10000 количество воздуха, использованного при горении, остается постоянным, в то время как количество впрыснутой воды возрастает до количества, в 7 - 12 раз превышающего вес топлива.

Таким образом, Брайтоновский цикл используется в верхней части при числе оборотов от двадцати тысяч об/мин и до приблизительно сорока пяти тысяч об/мин или более. В нижней части применяется цикл VAST с внутренним охлаждением водой. Переход происходит при 20000 об/мин, когда обычный Брайтоновский цикл начинает терять мощность. Переход продолжается в диапазоне от 20000 до 10000 об/мин. При числе оборотов 10000 об/мин двигатель работает чисто в цикле VAST, полностью охлаждаясь водой.

В такой системе мощность в лошадиных силах умножают на множитель три плюс к одному при уменьшении числа оборотов с 20000 до 10000, поскольку при переходе двигателя с Брайтоновского цикла на VAST при 20000 об/мин сокращается разбавление воздухом и добавляется больше воды для охлаждения. При числе ниже 10000 об/мин двигатель работает только в цикле VAST, с охлаждением водой и использованием для горения по меньшей мере около 95% сжатого

воздуха. Некоторыми из преимуществ являются увеличение мощности, низкое число оборотов, медленное вращение на холостом ходу, быстрый разгон и использование для горения практически всего сжатого воздуха с полным контролем выбросов при всех уровнях числа оборотов.

3. Авиационные двигатели

Описанный цикл VAST, в особенности в случае применения с рециркуляцией воды, особенно эффективен и обеспечивает особенно низкий расход топлива при использовании на коммерческом авиатранспорте, который обычно используется на высоте от 9120 до 12160 м (от 30000 до 40000 футов). На таких высотах давление окружающего воздуха составляет от 0,1 до 0,25 атмосфер или ниже при температуре окружающей среды значительно ниже 0°C. Примеры 6 - 8 иллюстрируют преимущество, которое дает понижение давления на выходе турбины. Однако для того, чтобы добиться давления на выходе турбины, которое ниже атмосферного, такого как наблюдающееся при работе на уровне моря, на выходе турбины необходим вакуумный насос. Этот насос, который расходует энергию, вырабатываемую системой, уменьшает выход полезной энергии и КПД системы. Безотносительно к учету энергии, потребляемой вакуумным насосом, мощность и КПД системы увеличивается и потребление топлива уменьшается.

Возможность обойтись без вакуумного насоса на выходе турбины за счет ее эксплуатации в среде с давлением ниже атмосферного, таким как на высотах, превышающих приблизительно 9120 м (30000 футов) позволяет увеличить выход полезной энергии и, соответственно, уменьшить расход топлива. Кроме того, если вода в системе должна рециркулироваться, температура окружающего воздуха может быть использована для конденсации и охлаждения отходящего потока воздуха и отделения воды для рециркуляции.

D. Таблицы данных

Ниже приведены таблицы данных, содержащие подробную информацию по показателям работы двигателя, сконструированного в соответствии с положениями настоящего изобретения. Эти таблицы данных составлены с использованием компьютерной программы моделирования.

Некоторые сокращения, используемые в таблице, включают:

отношение t/a = отношение топлива к воздуху

давление на выходе турбины = 1 (атмосфер)

$\gamma_{\text{comp.}} = \Gamma = C_v/C_p$

Все температуры цикла Ранкина = (R)

ортх = смешанное Ср для воздуха + пара

урт = удельный расход топлива

КПД = коэффициент полезного действия

Пример в таблице данных при степени сжатия 22 : 1 является Примером 1 в табл.1 выше. Текст компьютерной программы для моделирования работы двигателя предусматривает, что температура воды на входе составила 100°C (672°R), температура на входе турбины равнялась 982 °C (2260 °R), температура на входе первой ступени компрессора равнялась 15,5 °C

(60 °F) (520°R) и каждая ступень компрессора и турбина работают с КПД 85%.

Применение цикла VAST при степени сжатия 10 : 1

отношение $t/a = 0,066$

Степень сжатия = 10,000

Количество ступеней сжатия = 3

Температура воды на входе = 672,000°R

Давление на выходе турбины = 1,000

1 фунт/сек (454 г/сек) воздуха с температурой на входе турбины (R) = 2260, 000

$\gamma_{\text{comp.1}} = 1,395088723469110$
583,127002349018800

$\gamma_{\text{comp.2}} = 1,393245781855153$
749,39066288273000

$\gamma_{\text{comp.3}} = 1,382644396697381$
960,403717287130800

CP газа в горелке = 3,0487312651500463E-001 1678,
944055144487000

Температура на входе компрессора, T1 = 520,00

Температура на выходе 1-й ступени, T2d (R) = 668,53

Температура на выходе 2-й ступени, T3d (R) = 858,78

Температура на выходе 3-й ступени, T4d (R) = 1097,89

Массовый расход воды, кг/сек (фунт/сек) = 0,2 (0,442)

$\gamma_{\text{в турбине}} = 1,274667679410808$
1818, 013006841559000

орпх в турбине = 3,894133323049679E-001 1818,
013006841559000

парциальное давление пара (атм) = 5,885070348102550

парциальное давление воздуха (атм) = 8,814929461162587

температура насыщения на выходе турбины (R) = 591,701098285192200

$\gamma_{\text{во втором компрессоре}} = 1,346058430899532$ 633,27150898951400

орпх во втором компрессоре = 3,253198837676842E-0,01
633,271250898951400

Температура на входе турбины, TS(R) = 2260, 00

Температура на выходе турбины, T6D(R) = 1508,62

Перепад температур в турбине, DT = 751,38

Мощность турбины, кВт (л.с.) = 465,7 (624,28)

Мощность компрессора, кВт (л.с.) = 149,0 (199,735)

Суммарный массовый расход, кг/сек (фунт/сек) = 0,684 (1,5077)

полезная мощность, открытый цикл, кВт (л.с.) = 316,7 (424,54)

урт (открытый цикл) = 0,560

КПД (открытый цикл) - 0,234

T7 = 674,84

T7D = 689,51

DT второго компрессора = 97,81

Мощность второго компрессора, кВт (л.с.) = 35,8 (48,00)

Мощность водяного насоса, кВт (л.с.) = 0,013 (0,017)

полезная мощность, замкнутый цикл, кВт (л.с.) = 280,89 (376,53)

урт (замкнутый цикл) = 0,631

КПД (замкнутый цикл) = 0,208

Объемный состав выхлопов:

%CO₂ = 10,8

%H₂O = 25,8

%NO₂ = 63,4

Применение цикла VAST при степени сжатия 22 : 1

отношение $t/a = 0,066$

Степень сжатия = 22,000

Количество ступеней сжатия = 3

Температура воды на входе = 672,000°R

Давление на выходе турбины = 1,000

1 фунт/сек (454 г/сек) воздуха с температурой на входе турбины (R) = 2260, 000

$\gamma_{\text{comp.1}} = 1,394809521089263$
603,043650004366800

$\gamma_{\text{comp.2}} = 1,392157497682254$
849,596261682560700

$\gamma_{\text{comp.3}} = 1,369677999652017$
1177, 990796008891000

CP газа в горелке = 3,101676106439402E-001 1829,
089319349098000

Температура на входе компрессора, T1 = 520,00

Температура на выходе 1-й ступени, T2d (R) = 727,16

Температура на выходе 2-й ступени, T3d (R) = 1015,24

Температура на выходе 3-й ступени, T4d (R) = 1398,18

Массовый расход воды, кг/сек (фунт/сек) = 0,229 (0,505)

$\gamma_{\text{в турбине}} = 1,278767591503703$
1706, 015578042335000

орпх в турбине = 3,906654117917358E-001 1706,
015578042335000

парциальное давление пара (атм) = 6,361387976418345

парциальное давление воздуха (атм) = 8,338611832846791

температура насыщения на выходе турбины (R) = 593,171968080811400

$\gamma_{\text{во втором компрессоре}} = 1,344309728848165$ 639,522982616262100

орпх во втором компрессоре = 3,316760835964486E-0,01
639,522982616262100

Температура на входе турбины, TS(R) = 2260, 00

Температура на выходе турбины, T6D(R) = 1318,23

Перепад температур в турбине, DT = 941,77

Мощность турбины, кВт (л.с.) = 610,08 (817,80)

Мощность компрессора, кВт (л.с.) = 230,36 (308,80)

Суммарный массовый расход, кг/сек (фунт/сек) = 0,713 (1,5708)

полезная мощность, открытый цикл, кВт (л.с.) = 380,22 (509,69)

урт (открытый цикл) = 0,466

КПД (открытый цикл) - 0,231

T7 = 685,87

T7D = 702,23

DT второго компрессора = 109,06

Мощность второго компрессора, кВт (л.с.) = 40,7 (54,57)

Мощность водяного насоса, кВт (л.с.) = 0,0135 (0,018)

полезная мощность, замкнутый цикл, кВт (л.с.) = 339,51 (455,11)

урт (замкнутый цикл) = 0,522

КПД (замкнутый цикл) = 0,251

Объемный состав выхлопов:
 $\%CO_2 = 10,8$
 $\%H_2O = 25,8$
 $\%NO_2 = 63,4$
 Применение цикла VAST при степени сжатия 30 : 1
 отношение $t/a = 0,066$
 Степень сжатия = 30,000
 Количество ступеней сжатия = 3
 Температура воды на входе = $672,000^\circ R$
 Давление на выходе турбины = 1,000
 1 фунт/сек (454 г/сек) воздуха с температурой на входе турбины (R) = 2260,000
 $\gamma_{comp.1} = 1,394694290256902$
 $618,355140835066100$
 $\gamma_{comp.2} = 1,389029752150665$
 $891,837744705560000$
 $\gamma_{comp.3} = 1,366209070734794$
 $1273,898681933465000$
 CP газа в горелке =
 $3,1243209000049776E-001$ 1896,
 892037142618000
 Температура на входе компрессора, T1 = 520,00
 Температура на выходе 1-й ступени, T2d (R) = 751,42
 Температура на выходе 2-й ступени, T3d (R) = 1081,81
 Температура на выходе 3-й ступени, T4d (R) = 1533,78
 Массовый расход воды, кг/сек (фунт/сек) = 0,242 (0,534)
 γ в турбине = 1,2802089550027821
 $1666,747232151006000$
 $optix$ в турбине = 3,91600265082443E-001
 $1666,747232151006000$
 парциальное давление пара (атм) = 6,562762207406494
 парциальное давление воздуха (атм) = 8,137237601858644
 температура насыщения на выходе турбины (R) = 593,793812111702800
 γ во втором компрессоре = 1,3435722354850198 642,26621422339600
 $optix$ во втором компрессоре = 3,344248062769462E-0,01
 $642,266214292339600$
 Температура на входе турбины, TS(R) = 2260,00
 Температура на выходе турбины, T6D(R) = 1251,47
 Перепад температур в турбине, DT = 1008,53
 Мощность турбины, кВт (л.с.) = 666,9 (894,00)
 Мощность компрессора, кВт (л.с.) = 267,4 (358,451)
 Суммарный массовый расход, кг/сек (фунт/сек) = 0,726 (1,5996)
 полезная мощность, открытый цикл, кВт (л.с.) = 399,5 (535,53)
 урт (открытый цикл) = 0,444
 КПД (открытый цикл) - 0,296
 T7 = 690,74
 T7D = 707,85
 DT второго компрессора = 114,05
 Мощность второго компрессора, кВт (л.с.) = 42,9 (57,54)
 Мощность водяного насоса, кВт (л.с.) = 0,014 (0,019)
 полезная мощность, замкнутый цикл, кВт (л.с.) = 356,56 (477,97)
 урт (замкнутый цикл) = 0,497
 КПД (замкнутый цикл) = 0,264

Объемный состав выхлопов:
 $\%CO_2 = 10,8$
 $\%H_2O = 25,8$
 $\%NO_2 = 63,4$
 Применение цикла VAST при степени сжатия 40 : 1
 отношение $t/a = 0,066$
 Степень сжатия = 40,000
 Количество ступеней сжатия = 3
 Температура воды на входе = $672,000^\circ R$
 Давление на выходе турбины = 1,000
 1 фунт/сек (454 г/сек) воздуха с температурой на входе турбины (R) = 2260,000
 $\gamma_{comp.1} = 1,394584582122682$
 $682,187703506602900$
 $\gamma_{comp.2} = 1,385229573509871$
 $932,452934382434300$
 $\gamma_{comp.3} = 1,360860939314250$
 $1366,979659174880000$
 CP газа в горелке =
 $3,145343519546454E-001$ 1962,
 926186235099000
 Температура на входе компрессора, T1 = 520,00
 Температура на выходе 1-й ступени, T2d (R) = 774,56
 Температура на выходе 2-й ступени, T3d (R) = 1146,07
 Температура на выходе 3-й ступени, T4d (R) = 1665,85
 Массовый расход воды, кг/сек (фунт/сек) = 0,255 (0,562)
 γ в турбине = 1,281335192214647
 $1636,7117036740625000$
 $optix$ в турбине = 3,925796903477528E-001 1636,
 7117036740625000
 парциальное давление пара (атм) = 6,75083199487843
 парциальное давление воздуха (атм) = 7,949167814777294
 температура насыщения на выходе турбины (R) = 594,374571993012600
 γ во втором компрессоре = 1,342884542206362 644,886243238150400
 $optix$ во втором компрессоре = 3,370260274627372E-0,01
 $644,886243238150400$
 Температура на входе турбины, TS(R) = 2260,00
 Температура на выходе турбины, T6D(R) = 1193,62
 Перепад температур в турбине, DT = 1066,38
 Мощность турбины, кВт (л.с.) = 719,44 (964,40)
 Мощность компрессора, кВт (л.с.) = 304,37 (408,011)
 Суммарный массовый расход, кг/сек (фунт/сек) = 0,739 (16,279)
 полезная мощность, открытый цикл, кВт (л.с.) = 415,05 (556,38)
 урт (открытый цикл) = 0,427
 КПД (открытый цикл) - 0,307
 T7 = 695,40
 T7D = 713,23
 DT второго компрессора = 118,85
 Мощность второго компрессора, кВт (л.с.) = 45,07 (60,42)
 Мощность водяного насоса, кВт (л.с.) = 0,015 (0,019)
 полезная мощность, замкнутый цикл, кВт (л.с.) = 369,97 (495,94)
 урт (замкнутый цикл) = 0,479

КПД (замкнутый цикл) = 0,274
 Объемный состав выхлопов:
 %CO₂ = 10,8
 %H₂O = 25,8
 %NO₂ = 63,4
 Применение цикла VAST при степени сжатия 50 : 1
 отношение т/а = 0,066
 Степень сжатия = 50,000
 Количество ступеней сжатия = 3
 Температура воды на входе = 672,000°R
 Давление на выходе турбины = 1,000
 1 фунт/сек (454 г/сек) воздуха с температурой на входе турбины (R) = 2260,000
 gamma compr.1 = 1,3944975722540039
 635,996556562169400
 gamma compr.2 = 1,382215305172556
 965,068507644903400
 gamma compr.3 = 1,356615282102378
 1442, 869640297455000
 CP газа в горелке = 3,162590285087881E-001 2017,
 100000649888000
 Температура на входе компрессора, T1 = 520,00
 Температура на выходе 1-й ступени, T2d (R) = 792,92
 Температура на выходе 2-й ступени, T3d (R) = 1197,96
 Температура на выходе 3-й ступени, T4d (R) = 1774,20
 Массовый расход воды, кг/сек (фунт/сек) = 0,265 (0,585)
 gamma в турбине = 1,282120028863920
 1607, 786622664966000
 ормix в турбине = 3,934720408020952E-001 1607,
 786622664966000
 парциальное давление пара (атм) = 6,900293693691603
 парциальное давление воздуха (атм) = 7,799706115573533
 температура насыщения на выходе турбины (R) = 594,836110021193700
 gamma во втором компрессоре = 1,342338420102895 647,010415983017100
 ормix во втором компрессоре = 3,391172383199348E-0,01
 647,010415983017100
 Температура на входе турбины, TS(R) = 2260,00
 Температура на выходе турбины, T6D(R) = 1151,24
 Перепад температур в турбине, DT = 1108,76
 Мощность турбины, кВт (л.с.) = 760,5 (1019,48)
 Мощность компрессора, кВт (л.с.) = 335,06 (449,150)
 Суммарный массовый расход, кг/сек (фунт/сек) = 0,749 (1,6514)
 Текст компьютерной программы, использованной при моделировании работы двигателя с использованием настоящего изобретения
 IMPLICIT REAL *8(A-H-O-Z)
 DIMENSION PAIR(17), TT(17), VAIR(17), vn2(17), pn2(17),
 * pco2(17), vco2(17), ph20(17), vh20(17)
 open(unit = 11, file = '1')
 open(unit = 22, file = '2')
 open(unit = 33, file = '3')
 open(unit = 44, file = '4')
 open(unit = 1, file = 'al')

DO 5I = 1,17
 READ(11,*)TT(I), PAIR(I), VAIR(I)
 read(22,*)tt(i), pn2(i), vn2(i)
 read(33,*)tt(i), ph20(i), vh20(i)
 read(44,*)tt(i), pco2(i), vco2(i)
 TT(I) = TT(I) + 460.0
 5 - CONTINUE
 FA = 0.066
 READ(*,*)PR
 ns = 3
 write(*,*) /давление на выходе турбины = ?/
 read(*,*)pt
 twater = 212.do + 460.do
 tit = 2260.odo
 write(1,555) fa, pr, ns, twater, pt, tit
 555 format(5x,'f/a ratio = ', 3x, f7.3/,
 15 Sx, степень сжатия = ', 3x,
 * f7.3 /, Sx, /Количество ступеней сжатия
 = /, i4, /
 * Sx, /Температура воды на входе/ f7.3, /
 * Sx /Давление на выходе турбины/ f7.3, /
 * Sx, /1 фунт/сек воздуха с
 20 температурой на входе турбины/ (R) = ', f8.3,
 * /, /)
 T1 = 520.DO
 PRS = (PR)**(1.DO/FLOAT(NS))
 COMPRESSOR 1
 GA = 1.4
 25 DO 10 I = 1,10
 WRITE(*,*)'gamma compr. 1 = ', ga, tav
 T2 = T1 * (PRS)**((GA - 1.0)/GA)
 TAV = (T1 + T2) / 2.DO
 GA = CpAIR(TAV, pair, vair, tt) /
 30 CVAIR(TAV, pair, vair, tt)
 ga = 1.406
 10 - CONTINUE
 WRITE(1,*) 'gamma compr. 1 = ', ga, tav
 T2D = T1 + (T2 - T1) / 0.85
 HPC1 = 1.0*(T2D - T1)*CpAIR(TAV, PAIR,
 35 VAIR, TT)*778.3/550.0
 COMPRESSOR 2
 GA = 1.4
 DO 20 I = 1,10
 T3 = T2D*(PRS)**((GA - 1.0)/GA)
 TAV = (T3 + T2D)/2.DO
 40 GA = CpAIR(TAV, pair, vair, tt) /
 CVAIR(TAV, pair, vair, tt)
 cga = 1.406
 20 - CONTINUE
 write(1,*) 'gamma compr. 2 = ', ga, tav
 T3D = T2d + (T3 - T2D) / 0.85
 45 HPC2 = 1.0*(T3D - T2D)*CpAIR(TAV, PAIR,
 VAIR, TT)*778.3/550.0
 HPC = HPC1 + HPC2
 C - COMPRESSOR 3
 GA = 1.4
 DO 25 I = 1,10
 50 T4 = T3D*(PRS)**((GA - 1.0)/GA)
 TAV = (T4 + T3D)/2.DO
 GA = CpAIR(TAV, pair, vair, tt) /
 CVAIR(TAV, pair, vair, tt)
 c - ga = 1.406
 55 25 - CONTINUE
 write(1,*) 'gamma compr. 3 = ', ga, tav
 T4D = T3d + (T4 - T3D) / 0.85
 HPC3 = 1.0*(T4D - T3D)*CpAIR(TAV, PAIR,
 VAIR, TT)*778.3/550.0
 HPC = HPC1 + HPC2 + hpc3
 60 BURNER
 tav = (t4d + 2260.do) / 2.0
 TBURN = FA / 0.066 * 3600.DO + T4D
 a1 = CpCo2(tav, pco2, vco2, tt)
 a2 = cpn2(tav, pn2, vn2, tt)
 a3 = cph20(tav, ph20, vh20, tt)
 write(*,*)tav, cpgas, a1, a2, a3


```

cpgas = (352.0*a1 + 162.0*a3 +
1263.36*a2)/1777.36
WRITE(1,*)'CPGAS в горелке = ', cpgas, tav
WRITE(*,*)'CPGAS
AMW = (TBURN - 460.DO - 1800.DO)*(1.DO
+ FA)*cpgas/(1973.6 - 180.0)
amt = 1.do + amw + fa
WRITE(1,100)T1, T2D, T3D, T4d, amw
FORMAT /Температура на входе
компрессора T1 = ', 5X, F7.2/
/Температура на выходе 1-й ступени (R) =
' 5X, F7.2./,
/Температура на выходе 2-й ступени/ (R) =
' 5X, F7.2./,
/Температура на выходе 3-й ступени/ (R) =
' 5X, F7.2./,
/Массовый расход воды/ (1b/s), =', 5x,
f7.3./)
turbine
t5 = 2260.DO
GA = 1.4
DO 30 I = 1,10
T6 = T5*(p/PR) ** ((GA - 1.0)/GA)
TAV = (T5 + T6)/2.DO
a1 = cpc2(tav, pco2, vco2, tt)
a2 = cpn2(tav, pn2, vn2, tt)
a3 = cph20(tav, ph20, vh20, tt)
cpgas = (352.0*a1 + 162.0*a3 +
1263.36*a2)/1777.36
CpMIX = (AMW*A3 + (1.DO +
FA)*CPGAS)/(AMT)
c - WRITE(*,*)'CPMIX = ', CPMIX
a1 = cVco2(tav, pco2, vco2, tt)
a2 = cVn2(tav, pn2, vn2, tt)
a3 = cVh20(tav, ph20, vh20, tt)
cVgas = (352.0*a1 + 162.0*a3 +
1263.36*a2)/1777.36
CVMIX = (AMW*A3 + (1.DO +
FA)*CVGAS)/(AMT)
GA = CPMIX/CVMIX - CONTINUE
write(1,*) 'gamma в турбине = ', ga, tav
write(1,*) 'cpmix в турбине = ', cpmix, tav
T6D = TS + (T6 - T5) * 0.85
DTT = TS - T6D
HPT = AMT*DTT*778.3/550.0*Cpmix
HPN1 = HPT - HPC
SFC1 = FA*3600.DO/HPN1
EFF1 = HPN1*550.DO/778.3/(3600.0*0.328
+ 180.DO*0.55
go to 1100
SECONDARY COMPRESSOR
PP = pt*14.7*(aMW/18.0)/(aMW/18.0 + (1.DO
+ FA)/29.0)
pa = pt*14.7
write(1,*) '/парциальное давление пара/ =
', pp
write(1,*) '/парциальное давление
воздуха/ = ', pa
HPump = amw*(1.dos
pp/14.7*1.dos)/1.do3*1.04/2.2/746
SAT = TSAT(PP) + 460.0
write(1,*) ' SAT . TEMP / AT TURBINE
OUTLET
(R) = ', SAT
GA = 1.4
DO 70 I = 1,10
T7 = sat*(14.7/Pa)**((GA - 1)/GA)
TAV = (T7 + sat)/2.DO
write(*,*)', /гамма во втором компрессоре/
write(*,*)', /во втором компрессоре/,
cpmix, tav
write(*,*)' t6, sat = ', t7, sat
a1 = cpc2(tav, pco2, vco2, tt)
a2 = cpn2(tav, pn2, vn2, tt)
a3 = cph20(tav, ph2c, vh20, tt)

```

```

cpgas = (352.0*a1 + 162.0*a3 +
1263.36*a2)/1777.36
CPMIX = (AMW*A3 + (1.DO +
FA)*CPGAS)/(AMT)
WRITE (*,*)'CPMIX = ', CPMIX
a1 = cVco2(tav, pco2, vco2, tt)
a2 = cVn2(tav, pn2, vn2, tt)
a3 = cVh20(tav, ph20, vh20, tt)
cVgas = (352.0*a1 + 162.0*a3 +
1263.36*a2)/1777.36
CVMIX = (AMW*A3 + (1.DO +
FA)*CVGAS)/(AMT)
GA = CPMIX/CVMIX
70 - CONTINUE
write(1,*)', /гамма во втором компрессоре/
write(1,*)', /во втором компрессоре/,
cpmix, tav
T7D = (T7 - sat)/0.85 + sat
DTT1 = t7d - sat
HPS = (1.do + fa)*DTT1*778.3/550.0*CpMIX
HPN2 = HPT - HPC - HPS - hppump
SFC2 = FA*3600.DO/HPN2
EFF2 = HPN2*550.DO/778.3/(3600.0*328 +
180.DO*0.55)
write(1,*)'
write(1,*)'
1 1 0 0
WRITE(1,200) T5, T6D, DTT, HPT, HPC,
AMT,HPN1,SFC1,eff1
200 - FORMAT /Температура на входе
турбины/
(R) = ', 5X, F7.2./,
/Температура на выходе турбины/ T6D(R)
= ', 5X, F7.2
/Перепад температуры по турбине/, DT =
', 5X, F7.2./,
' HP TURBINE = ', 5X, F7.2/ 'HPCOMP
' = ', 5x, f7.3./, /Суммарный кассовый
расход/ = ', 5X, F6.4./
' Полезная мощность /открытый цикл/ =
', 5X, F7.2./
' урт /открытый цикл/ /', 5X, F7.3./,
' КПД /открытый цикл/ = ', 5x, f7.3./,/)
WRITE(1,400) T7, T7D, DTT1, HPS,
hppump, HPN2, SFC2, eff2
400 - FORMAT ('T7 = ', 5X, F7.2./, 'T7D =
', 5X, F7.2,
' /DT COMP. 2 = ', 5X, F7.2./, 'HP
COMP. 2 = ', 5X, F7.2./,
мощность водяного насоса = ' /f7.3/,
полезная мощность /замкнутый цикл/ = ',
5X, F7.2./
' урт /замкнутый цикл/ ', 5X, F7.3./,
' КПД /замкнутый цикл/ = ', 5x, f7.3./,/)
write(1,*)' объемный состав выхлопов
write(1,*)' ~
Write(1,*)' % of CO2 = 10.8'
Write(1,*)' % of H2O = 25.8'
Write(1,*)' % of N2 = 63.4'
STOP
END
air
FUNCTION CPAIR (TAV, pair, vair, tt)
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION PAIR(17), TT(17), VAIR(17)
COMMON PAIR, TT, VAIR, vn2, cn2, vh20,
ph20, vco2, pco2
DO 10 I = 1,16
IF (TAV.LE.TT(I)
+ 1).AND.TAV.GE.TT(I))THEN
CPAIR = PAIR(I) + (TAV - TT(I))*(PAIR(I +
1) - PAIR(I)) / (TT(I + 1) - TT(I))
GO TO 999
ENDIF
10 - CONTINUE

```

```

999 - S = CPAIR
RETURN
END
FUNCTION CVAIR (TAV, pair, vair, tt)
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION PAIR(17), TT(17), VAIR(17)
c - COMMON PAIR, TT, VAIR, vn2, cn2,
vh20, ph20, vco2, pco2
DO 10 I = 1,16
  IF (TAV.LE.TT(I) +
1).AND.TAV.GE.TT(I))THEN
    CVAIR = VAIR(I) + (TAV - TT(I))*(VAIR(I +
1) - VAIR(I)) / (TT(I + 1) - TT(I))
    GO TO 999
  ENDIF
10 - CONTINUE
999 - S = CPAIR
RETURN
END
FUNCTION CPn2 (TAV, pn2, vn2, tt)
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION Pn2(17), TT(17), Vn2(17)
c - COMMON PAIR, TT, VAIR, vn2, cn2,
vh20, ph20, vco2, pco2
DO 10 I = 1,16
  IF (TAV.LE.TT(I) +
1).AND.TAV.GE.TT(I))THEN
    CPn2 = Pn2(I) + (TAV - TT(I))*(Pn2(I + 1)
- Pn2(I)) / (TT(I + 1) - TT(I))
    GO TO 999
  ENDIF
10 - CONTINUE
999 - S = CPn2
RETURN
END
FUNCTION CVn2 (TAV, pn2, vn2, tt)
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION Pn2(17), TT(17), Vn2(17)
c - COMMON PAIR, TT, VAIR, vn2, cn2,
vh20, ph20, vco2, pco2
DO 10 I = 1,16
  IF (TAV.LE.TT(I) +
1).AND.TAV.GE.TT(I))THEN
    CVn2 = Vn2(I) + (TAV - TT(I))*(Vn2(I + 1)
- Vn2(I)) / (TT(I + 1) - TT(I))
    GO TO 999
  ENDIF
10 - CONTINUE
999 - S = CVn2
return
END
h20
FUNCTION CPh20 (TAV, ph20, vh20, tt)
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION Ph20(17), TT(17), Vh20(17)
c - COMMON PAIR, TT, VAIR, vn2, cn2,
vh20, ph20, vco2, pco2
DO 10 I = 1,16
  IF (TAV.LE.TT(I) +
1).AND.TAV.GE.TT(I))THEN
    CPh20 = Ph20(I) + (TAV - TT(I))*(Ph20(I +
1) - Ph20(I)) / (TT(I + 1) - TT(I))
    GO TO 999
  ENDIF
10 - CONTINUE
999 - S = CPh20
RETURN
END
FUNCTION CVh20 (TAV, ph20, vh20, tt)
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION Ph20(17), TT(17), Vh20(17)
c - COMMON PAIR, TT, VAIR, vn2, cn2,
vh20, ph20, vco2, pco2
DO 10 I = 1,16
  IF (TAV.LE.TT(I) +

```

```

1).AND.TAV.GE.TT(I))THEN
  CVh20 = Vh20(I) + (TAV - TT(I))*(Vh20(I +
1) - Vh20(I)) / (TT(I + 1) - TT(I))
  GO TO 999
ENDIF
10 - CONTINUE
999 - S = CVh20
RETURN
END
co2
FUNCTION CPco2 (TAV, pco2, vco2, tt)
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION Pco2(17), TT(17), Vco2(17)
c - COMMON PAIR, TT, VAIR, vn2, cn2,
vh20, ph20, vco2, pco2
DO 10 I = 1,16
  IF (TAV.LE.TT(I) +
1).AND.TAV.GE.TT(I))THEN
    CPco2 = Pco2(I) + (TAV - TT(I))*(Pco2(I +
1) - Pco2(I)) / (TT(I + 1) - TT(I))
    GO TO 999
  ENDIF
10 - CONTINUE
999 - S = CPco2
RETURN
END
FUNCTION CVco2 (TAV, pco2, vco2, tt)
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION Pco2(17), TT(17), Vco2(17)
c - COMMON PAIR, TT, VAIR, vn2, cn2,
vh20, ph20, vco2, pco2
DO 10 I = 1,16
  IF (TAV.LE.TT(I) +
1).AND.TAV.GE.TT(I))THEN
    CVco2 = Vco2(I) + (TAV - TT(I))*(Vco2(I +
1) - Vco2(I)) / (TT(I + 1) - TT(I))
    GO TO 999
  ENDIF
10 - CONTINUE
999 - S = CVco2
RETURN
END
C STEAM TABLES
FUNCTION TSAT(PP)
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
DIMENSION X(22), Y(22)
DO 10 I = 1,22
  X(I) = FLOAT(I)*1
10 - CONTINUE
Y(1) = 101.64
Y(2) = 125.88
Y(3) = 141.32
Y(4) = 152.81
Y(5) = 162.09
Y(6) = 170.02
Y(7) = 176.8
Y(8) = 182.77
Y(9) = 188.2
Y(10) = 193.17
Y(11) = 197.73
Y(12) = 201.92
Y(13) = 205.74
Y(14) = 209.46
Y(15) = 212.94
Y(16) = 216.09
Y(17) = 219.23
Y(18) = 222.37
Y(19) = 225.11
Y(20) = 227.78
Y(21) = 230.45
Y(22) = 233.05
DO 20 I = 1,21
  IF (PP.LE.x(I + 1).AND.PP.GE.x(I))THEN
    TSAT = y(I) + (PP - x(I))*(y(I + 1) -
y(I)) / (x(I + 1) - x(I))

```

GO TO 999
ENDIF
10 - CONTINUE
999 - S = TSAT
RETURN
END

Е. Заключение

В то время как различные варианты реализации настоящего изобретения приведены в целях иллюстрации, объем защиты настоящего изобретения ограничивается только приведенными ниже пунктами формулы изобретения.

Формула изобретения:

1. Двигатель внутреннего сгорания, включающий камеру сгорания 25, рабочий двигатель 50, подсоединенный к камере сгорания, средство подачи воздуха, включающее в себя компрессор для подачи сжатого воздуха в камеру сгорания при повышенной температуре и постоянном давлении, пропорциональном требующемуся для рабочего двигателя, средство 31 подачи топлива для подачи топлива в камеру сгорания, при этом топливо и воздух перемешиваются в камере сгорания, и воспламенитель топлива для зажигания топливно-воздушной смеси и получения струи газообразных продуктов сгорания, отличающийся тем, что компрессору придана такая конфигурация, чтобы он подавал поступательный поток сжатого воздуха к камере сгорания, и двигатель внутреннего сгорания дополнительно содержит средство подачи жидкости для подачи перегретой, испаряемой жидкости под давлением в камеру сгорания 25, при этом жидкость при попадании в камеру сгорания по существу мгновенно превращается в пар, причем подача и образование пара создают турбулентность и перемешивание в камере сгорания, приводя к получению рабочего тела 51, состоящего из пара, продуктов сгорания и непрореагировавших компонентов воздуха, регулятор 100 горения для независимого контроля сжатого воздуха, средства подачи топлива и средства подачи жидкости так, что подаваемая жидкость и по меньшей мере часть сжатого воздуха участвуют в горении и подаваемая жидкость превращается в пар так, что при заданной температуре образуется рабочее тело, при этом регулятор включает в себя средство 40 для управления количеством жидкости, подаваемой к камере сгорания с тем, чтобы сохранять температуру рабочего тела, средство 27 для изменения количества воздуха, подаваемого к камере сгорания, и средство 30 для управления количеством топлива, подаваемого к камере сгорания так, чтобы отношение топлива к воздуху оставалось на заданном уровне и теплообменные средства 63 для передачи тепла рабочего тела, выходящего из рабочего двигателя к жидкости, повышая за счет этого температуру жидкости от температуры подачи до желаемой температуры для подачи к камере сгорания, при этом регулятор горения выполнен с возможностью управления средством подачи жидкости и средством подачи топлива в процессе горения так, что вес впрыснутой жидкости приблизительно в два и более раза превышает вес впрыснутого топлива, при этом масса рабочего тела увеличивается для поддержания средней температуры в

соответствии с требующейся температурой эксплуатации рабочего двигателя, а камера сгорания выполнена с возможностью сгорания по меньшей мере 40% сжатого воздуха.

2. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что воспламенитель является электроискровым источником зажигания.

3. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что двигатель работает в открытом цикле и включает также конденсаторное средство для конденсации нужной части пара из рабочего тела и отводящее средство для отвода в качестве выхлопов оставшейся части рабочего тела.

4. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что двигатель работает в замкнутом цикле и включает также конденсаторное средство для конденсации пара из рабочего тела и отводящее средство для отвода в качестве выхлопов оставшейся части рабочего тела.

5. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что он включает также одну или более дополнительную камеру сгорания, в которую поступает сжатый воздух от одного или более компрессоров так, что рабочее тело подается в один или несколько рабочих двигателей.

6. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что рабочий двигатель, в который поступает рабочее тело, является или турбиной, или поршневым двигателем, или двигателем Ванкеля, или кулачковым двигателем.

7. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что компрессор и рабочий двигатель являются устройствами типа турбин и турбины соединены по меньшей мере одним валом.

8. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что регулятор горения выполнен с возможностью регулирования температуры горения на основе информации, поступающей от температурных датчиков и термостатов, расположенных в камере сгорания.

9. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что регулятор горения выполнен с возможностью контроля воздушного потока и средства подачи топлива таким образом, что отношение по весу впрыснутого топлива и вдуваемого воздуха в процессе горения составляет приблизительно от 0,03 до 0,066.

10. Двигатель по п.9, отличающийся тем, что регулятор горения выполнен с возможностью независимого контроля средней температуры горения и соотношения компонентов топливно-воздушной смеси.

11. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что регулятор горения выполнен с возможностью обеспечения понижения температуры горения таким образом, что достигается стехиометрическое горение и равновесие в рабочем теле.

12. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что давление сжатого воздуха поддерживается на уровне от 4 до 100 атм, в то время как энтропия двигателя поддерживается приблизительно постоянной.

13. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что давление сжатого воздуха выбрано из условия обеспечения его по существу постоянным, в то время как температура горения и объем рабочего тела варьируются регулятором горения.

14. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что вся химическая энергия впрыснутого топлива превращается в процессе горения в

RU 2126490 C1

RU

тепловую энергию и испарение воды создает циклонную турбулентность, способствующую молекулярному перемешиванию топлива и воздуха так, что обеспечивается стехиометрическое горение.

15. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что средство подачи жидкости представлено набором из по меньшей мере одной форсунки, расположенной в камере сгорания, на которую подается жидкость под давлением.

16. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что жидкостью, впрыскиваемой в камеру сгорания, является вода, которая превращается в пар, а продукты сгорания охлаждаются физическим теплом, затрачиваемым на испарение воды.

17. Двигатель по п. 16, отличающийся тем, что впрыснутая вода поглощает тепловую энергию так, что температура рабочего тела понижается до уровня максимальной рабочей температуры рабочего двигателя.

18. Двигатель по п. 16, отличающийся тем, что впрыснутая вода превращается путем мгновенного испарения в пар под давлением камеры сгорания без затраты дополнительной работы на сжатие и без дополнительной энтропии.

19. Двигатель по п. 16, отличающийся тем, что двигатель является паровой турбиной, приводимой в действие рабочим телом, состоящим из приблизительно 25% пара, 65% неокисленного азота и 10% двуокиси углерода.

20. Двигатель по п. 16, отличающийся тем, что для регулирования температуры горения и максимальной рабочей температуры рабочего двигателя и для предупреждения образования газов и соединений, которые вызывают или способствуют образованию атмосферного смога, использовано впрыскивание воды.

21. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что средство впрыскивания топлива состоит из по меньшей мере одной форсунки, расположенной в камере сгорания, на которую подается топливо под давлением.

22. Двигатель по п. 19, отличающийся тем, что источник топлива включает этанол, а указанный этанол включает воду для охлаждения рабочего тела.

23. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что впрыскиваемая жидкость является морской водой и далее включает средства опреснения для удаления соли из морской воды и сбора указанной соли в камере сгорания.

24. Двигатель по п. 22, отличающийся тем, что он включает конденсатор для сбора питьевой воды после обработки морской воды средствами опреснения.

25. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что при работе двигателя с числом оборотов, превышающим установленное, впрыскивание топлива и часть сжатого воздуха, используемого для горения, остаются постоянными по отношению к топливу при возрастании числа оборотов двигателя, а при работе двигателя в диапазоне между первым и вторым установленным числом оборотов отношение воды к топливу и воздуха к топливу возрастает, а при работе с числом оборотов ниже второго установленного отношение воды к топливу и воздуха к топливу остается постоянным.

26. Двигатель по п. 25, отличающийся тем, что соотношение по весу впрыскиваемых воды и топлива изменяется в диапазоне от 8 к 1 до 1 : 1 по мере роста числа оборотов двигателя.

27. Способ непрерывной подачи рабочего тела на выход камеры сгорания 25, отличающийся тем, что он содержит следующие стадии:

а) сжатие окружающего воздуха под давлением по меньшей мере 4 атм и при повышенной температуре, подача потока сжатого воздуха в камеру сгорания 25, впрыскивание контролируемого количества топлива в камеру сгорания, создание горячей смеси путем непрерывного смешивания топлива под давлением и сжатого воздуха в камере сгорания 25, причем воздух подается в неизменном отношении к топливу, при этом неизменное отношение обеспечивает подачу воздуха по меньшей мере в стехиометрическом количестве;

б) зажигание горячей смеси для образования непрерывно горячего пламени, которое образует струю горячих газообразных продуктов горения под давлением, по меньшей мере равным давлению сжатого воздуха;

в) подачу испаряемой инертной жидкости в струю горячих газов в регулируемом количестве, причем жидкости, имеющей температуру, равную или превышающую температуру кипения под давлением в 1 атм, при температуре, необходимой для сохранения инертной жидкости в жидком состоянии, когда ее подвергают воздействию давления, превышающего 1 атм и превышающего давление в камере сгорания так, что поданная инертная жидкость мгновенно превращается в пар при попадании в камеру сгорания, при этом сочетание струи горячего газа и пара образует рабочее тело, а количество инертной жидкости и температуру инертной жидкости подбирают так, чтобы получить заданную температуру рабочего тела на выходе из камеры сгорания, управление количеством воздуха, подаваемого в камеру сгорания, и регулирование количества топлива, подаваемого в камеру сгорания, с тем, чтобы отношение топлива к воздуху оставалось на желаемом уровне;

г) приведение в действие устройства управления камерой сгорания для подачи инертной жидкости к камере сгорания в количествах, достаточных для сохранения температуры рабочего тела;

д) при этом температуру и время пребывания струи горячих газообразных продуктов сгорания контролируют, чтобы обеспечить по существу полное сгорание топлива в то время, как температуру рабочего тела контролируют так, чтобы свести к минимуму образование оксидов азота, довести до максимума образование двуокиси углерода, причем процесс продолжается до тех пор, пока не отпадет необходимость в подаче рабочего тела, при этом впрыскивание жидкости и впрыскивание топлива в процессе горения контролируют так, что вес впрыснутой жидкости по меньшей мере в два раза превышает вес впрыснутого топлива так, что масса рабочего тела увеличивается для поддержания средней температуры в соответствии с требующейся температурой

эксплуатации рабочего двигателя и по меньшей мере 40% сжатого воздуха используют для горения в камере сгорания, а независимое регулирование количества сжатого воздуха, количества впрыснутого топлива и количества впрыснутой жидкости производят так, чтобы затрачивать на сжигание впрыснутого топлива по меньшей мере части сжатого воздуха и превращать впрыснутую жидкость в пар, при этом в камере сгорания в процессе горения при определенной температуре горения образуют рабочее тело, состоящее из смеси сжатого воздуха, продуктов сгорания топлива и пара.

28. Способ по п.27, отличающийся тем, что количество сжатого воздуха, поступающего в камеру сгорания, несколько превышает стехиометрическое количество так, что по меньшей мере примерно 95% воздуха расходуется на сжигание горючей смеси.

29. Способ по п.27, отличающийся тем, что температуру рабочего тела, выходящего из камеры сгорания и поступающего в турбину, регулируют в пределах от 399° (750°F) до 1260°C (2300°F) путем впрыскивания жидкой воды.

30. Способ по п. 27, отличающийся тем, что температуру рабочего тела, выходящего из камеры сгорания и поступающего в турбину, регулируют в пределах от 982 (1800 °F) до 1204°C (2200°F) путем впрыскивания жидкой воды.

31. Способ по пп. 29 и 30, отличающийся тем, что температура инертной жидкости непосредственно перед впрыскиванием не более чем на 30°C (50°F) ниже температуры рабочего тела.

32. Способ по п.27, отличающийся тем, что он включает также, после шага в) направление рабочего тела на турбогенератор, а рабочее тело, выходящее из турбины, используют для нагрева инертной жидкости перед впрыскиванием в рабочее тело.

33. Способ по п.32, отличающийся тем, что топливом служит дизельное топливо номер 2, отношение топлива к воздуху равно 0,066 и на каждые 454 г/с (1 фунт/с) расхода воздуха турбогенератор вырабатывает дополнительные 484,9 кВт (650 л. с.) при КПД топлива свыше примерно 36% и удельном расходе топлива менее приблизительно 0,36.

34. Способ по п.27, отличающийся тем, что топливо выбирают из группы, состоящей из дизельного топлива номер 2, этанола и обессеренного топочного мазута.

35. Способ по п.31, отличающийся тем, что на каждые 454 г/с (1 фунт/с) расхода воздуха вырабатывают в турбогенераторе дополнительные 559,5 кВт (750 л. с.) при КПД топлива свыше примерно 43% и удельном расходе топлива менее приблизительно 0,30.

36. Способ по п.27, отличающийся тем, что инертной жидкостью является морская вода, причем способ включает далее сбор расплавленной соли в камере сгорания и перевод расплавленной соли в твердую фазу.

37. Способ по п.27, отличающийся тем, что получают из морской воды соли и питьевую воду с получением соли предпочтительно в твердой фазе, причем способ включает

а) понижение температуры струи горячего газа путем впрыскивания в струю горячего

газа морской воды, а пониженную температуру струи горячего газа поддерживают между температурой плавления и температурой кипения соли в морской воде, причем впрыскивают морскую воду для превращения воды в пар после попадания в струю горячего газа, а соль из морской воды осаждают в форме жидкости в камере сгорания,

б) удаление жидкой соли из камеры сгорания через средства, предназначенные для перевода жидкой соли в твердую предпочтительной формы и размера, и

в) удаление пара и продуктов сгорания из камеры сгорания, пропуск удаленного пара и продуктов сгорания через конденсирующее средство так, что пар превращается в воду, отделение продуктов сгорания от пара и сбор полученной таким образом воды.

38. Способ по п.37, отличающийся тем, что пар и продукты сгорания пропускают через турбогенератор перед тем, как пропустить через конденсирующее средство.

39. Способ по пп.37 и 38, отличающийся тем, что практически весь углерод топлива превращают в двуокись углерода, а практически весь газообразный азот, попадающий в камеру сгорания со струей воздуха, покидает камеру сгорания как газообразный азот, а образование NO из N практически равно нулю.

40. Способ по п.38, отличающийся тем, что пар и продукты сгорания, пропускаемые через турбогенератор, вырабатывают электроэнергию в количестве свыше 373 кВт (500 л.с.) на каждый фунт/с (454 г/с) расхода воздуха, когда соотношение топлива и воздуха имеет по существу стехиометрическое значение.

41. Способ по п.38, отличающийся тем, что пар и продукты сгорания, пропускаемые через турбогенератор, вырабатывают электроэнергию в количестве свыше 484,9 кВт (650 л.с.) на каждый фунт/с (454 г/с) расхода воздуха, когда соотношение топлива и воздуха имеет по существу стехиометрическое значение.

42. Способ по п.38, отличающийся тем, что пар и продукты сгорания, пропускаемые через турбогенератор, вырабатывают электроэнергию в количестве свыше 596,8 кВт (800 л.с.) на каждый фунт/с (454 г/с) расхода воздуха, когда соотношение топлива и воздуха имеет по существу стехиометрическое значение.

43. Способ по п. 27, отличающийся тем, что он включает шаг зажигания двигателя при запуске электроискровым источником зажигания.

44. Способ по п.27, отличающийся тем, что двигатель работает в открытом цикле и включающий также шаги конденсации нужной части пара из рабочего тела и отвод в качестве выхлопов оставшейся части рабочего тела.

45. Способ по п.27, отличающийся тем, что двигатель работает в замкнутом цикле и включающий также шаги конденсации пара из рабочего тела и отвод в качестве выхлопов оставшейся части рабочего тела для повторного сжатия.

46. Способ по п.27, отличающийся тем, что он включает также шаг подачи рабочего тела в по меньшей мере один рабочий двигатель.

47. Способ по п.27, отличающийся тем, что

температуру горения регулируют на основе информации, поступающей от температурных датчиков и термостатов, расположенных в камере сгорания.

48. Способ по п.27, отличающийся тем, что воздушный поток и впрыскивание топлива регулируют так, что отношение по весу впрыснутого топлива и вдуваемого воздуха в процессе горения составляет приблизительно от 0,03 до 0,066.

49. Способ по п.48, отличающийся тем, что средняя температура горения и соотношение компонентов топливно-воздушной смеси регулируют независимо.

50. Способ по п.27, отличающийся тем, что температуру горения понижают так, что в рабочем теле достигается стехиометрическое сечение и равновесие.

51. Способ по п.27, отличающийся тем, что давление сжатого воздуха поддерживают на уровне от 4 до 100 атм, в то время как энтропию двигателя поддерживают приблизительно постоянной.

52. Способ по п.27, отличающийся тем, что давление сжатого воздуха поддерживают по существу постоянным, в то время как температура продуктов горения и объем рабочего тела варьируют.

53. Способ по п.27, отличающийся тем, что впрыснутое топливо полностью сжигают и превращают в процессе горения в тепловую энергию, причем испарение воды создает циклонную турбулентность, способствующую молекулярному перемещению топлива и воздуха, так, что обеспечивается стехиометрическое горение.

54. Способ по п.27, отличающийся тем, что жидкостью, впрыскиваемой в камеру сгорания, является вода, которая превращается в пар, а продукты сгорания охлаждают затратой тепла на испарение воды.

55. Способ по п.54, отличающийся тем, что впрыснутая вода поглощает всю тепловую энергию так, что температура рабочего тела

понижается до уровня ниже максимальной рабочей температуры рабочего двигателя.

56. Способ по п.54, отличающийся тем, что впрыснутая вода превращается путем мгновенного испарения в пар под давлением камеры сгорания без затраты дополнительной работы на сжатие и без дополнительной энтропии или энтальпии.

57. Способ по п.54, отличающийся тем, что рабочее тело состоит по существу из 25% пара, 65% неокисленного азота и 10% двуокиси углерода.

58. Способ по п.54, отличающийся тем, что впрыскивание воды используют для регулирования температуры горения и для предупреждения образования газов и соединений, которые вызывают или способствуют образованию атмосферного смога.

59. Способ по п.27, отличающийся тем, что впрыскиваемая жидкость является морской водой и далее включает шаги по переработке морской воды для сбора и удаления соли из морской воды.

60. Способ по п.59, отличающийся тем, что он включает также шаг конденсации питьевой воды после обработки морской воды.

61. Способ по п.27, отличающийся тем, что при работе двигателя с числом оборотов, превышающим установленное, впрыскивание топлива и часть сжатого воздуха, используемого для горения, оставляют постоянными по отношению к топливу при возрастании числа оборотов двигателя, а при работе двигателя в диапазоне между первым и вторым установленным числом оборотов отношение воды к топливу и воздуха к топливу возрастает, а при работе с числом оборотов ниже второго установленного отношение воды к топливу и воздуха к топливу оставляют постоянным.

62. Способ по п. 53, отличающийся тем, что охлаждение двигателя осуществляют водой без разбавления воздухом.

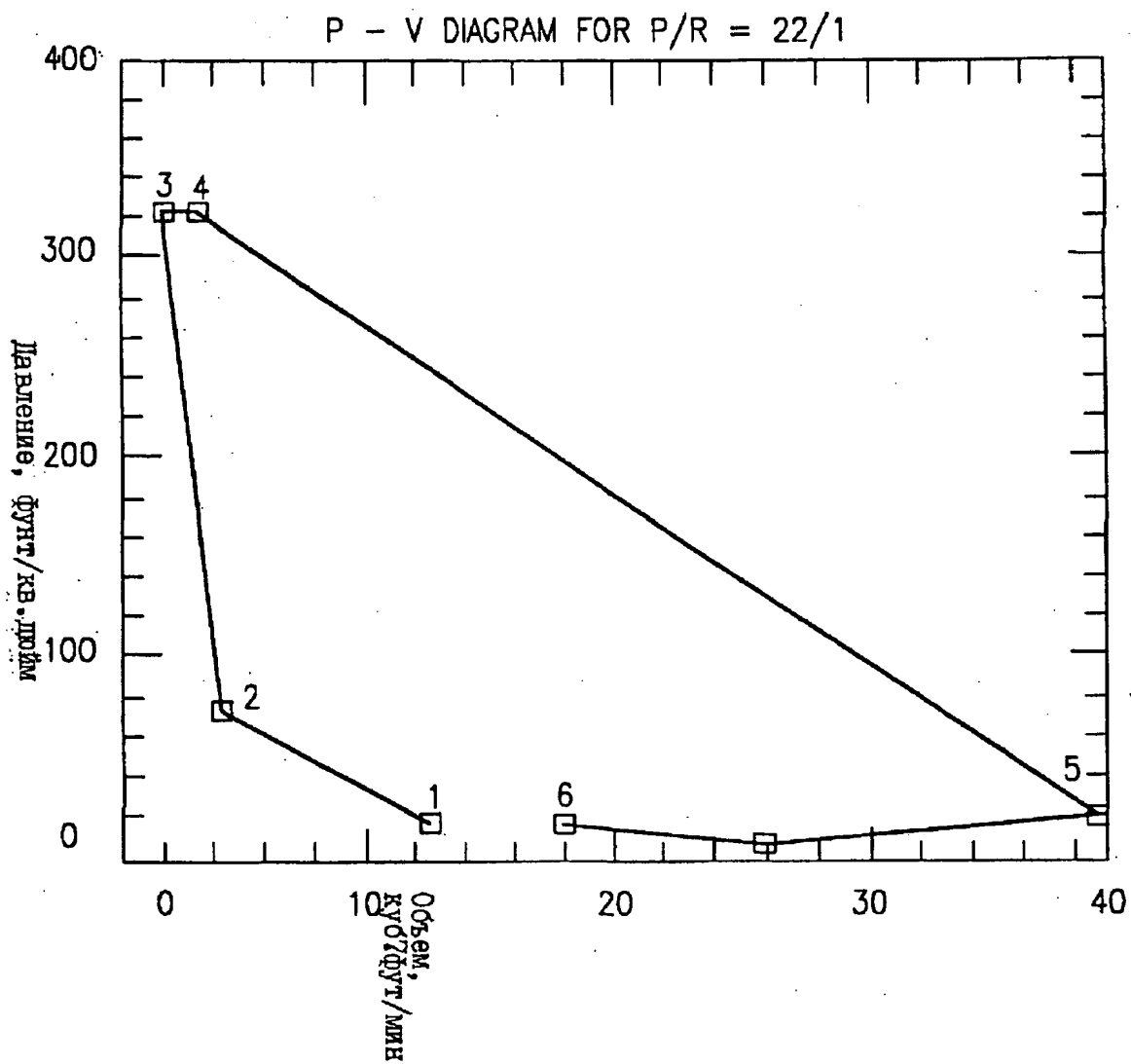
RU 2126490 C1

Предварительные таблицы

Пример №	Степень охлаждения воздуха	Температура воды на входе турбины	Температура на входе турбины, °C	Давление на входе турбины, атм	Замкнутый цикл	Замкнутый цикл
1	22:1	100	212	1	241	178
2	22:1	100	212	1	241	199
3	22:1	100	212	1	241	208
4	22:1	100	212	1	241	208
5	22:1	100	212	1	241	208
6	22:1	100	212	1	241	208
7	22:1	100	212	1	241	208
8	22:1	100	212	1	241	208
9	22:1	100	212	1	241	208
10	22:1	100	212	1	241	208
11	22:1	100	212	1	241	208
12	22:1	100	212	1	241	208
13	22:1	100	212	1	241	208
14	22:1	100	212	1	241	208
15	22:1	100	212	1	241	208
16	22:1	100	212	1	241	208
17	22:1	100	212	1	241	208

Пример №	Степень охлаждения воздуха	Температура воды на входе турбины	Температура на входе турбины, °C	Давление на входе турбины, атм	Мощность, л.с.	Замкнутый цикл КИД	Удельный расход топлива, фунт/л.с.
1	10:1	65	212	1	354.14	200	371
2	22:1	65	212	1	421.46	241	359
3	22:1	65	212	1	421.46	241	359
4	22:1	65	212	1	454.64	256	353
5	22:1	65	212	1	454.64	256	353
6	22:1	65	212	1	489	283	351
7	22:1	65	212	1	516.17	292	351
8	22:1	65	212	1	522	294	351
9	22:1	65	212	1	574.26	329	351
10	22:1	65	212	1	574.26	329	351
11	22:1	65	212	1	574.26	329	351
12	22:1	65	212	1	574.26	329	351
13	22:1	65	212	1	574.26	329	351
14	22:1	65	212	1	574.26	329	351
15	22:1	65	212	1	574.26	329	351
16	22:1	65	212	1	574.26	329	351
17	22:1	65	212	1	574.26	329	351

RU 2126490 C1

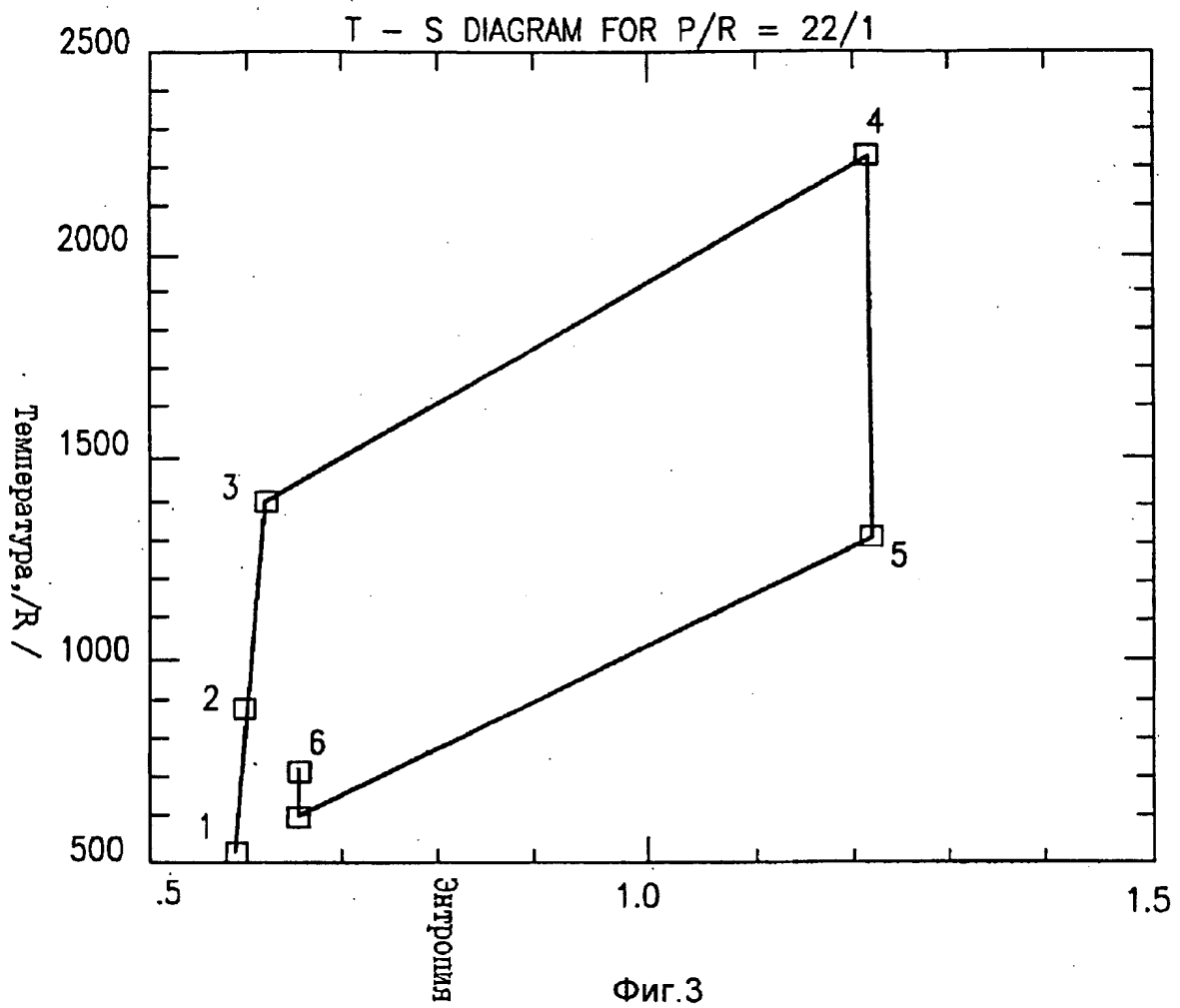


Фиг.2

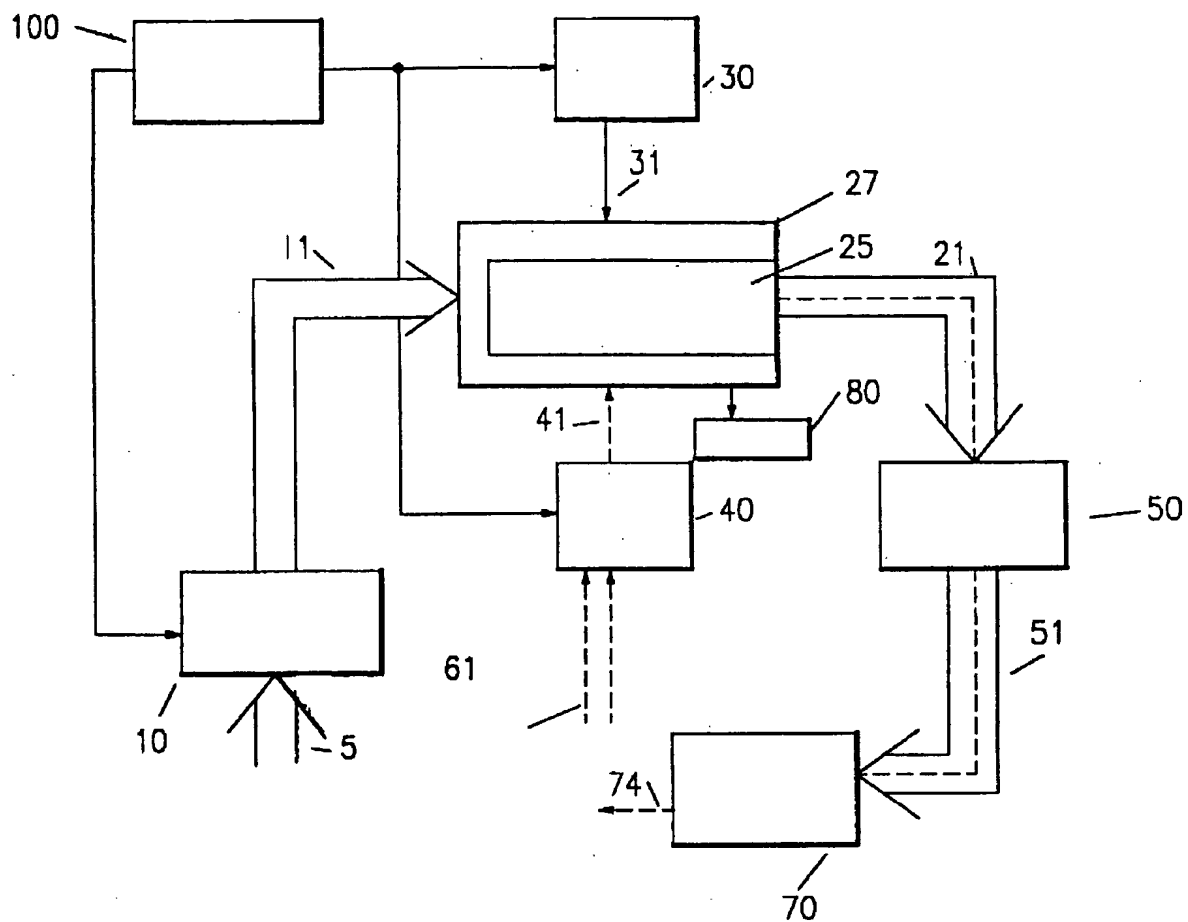
RU 2126490 C1

RU 2126490 C1

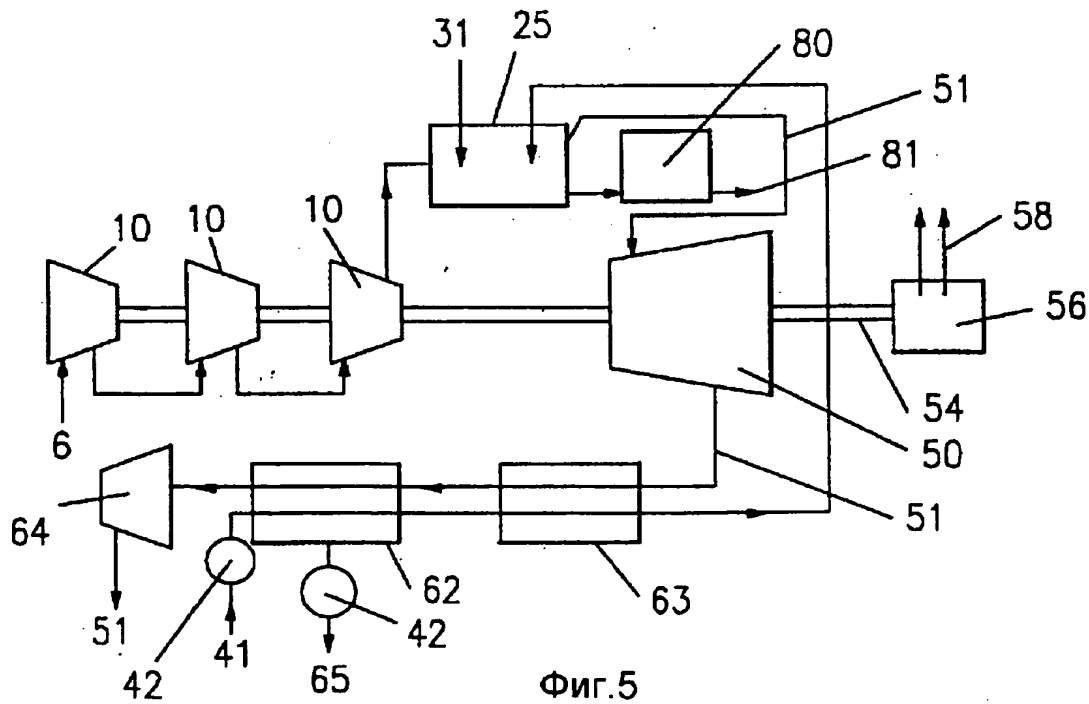
RU 2126490 C1



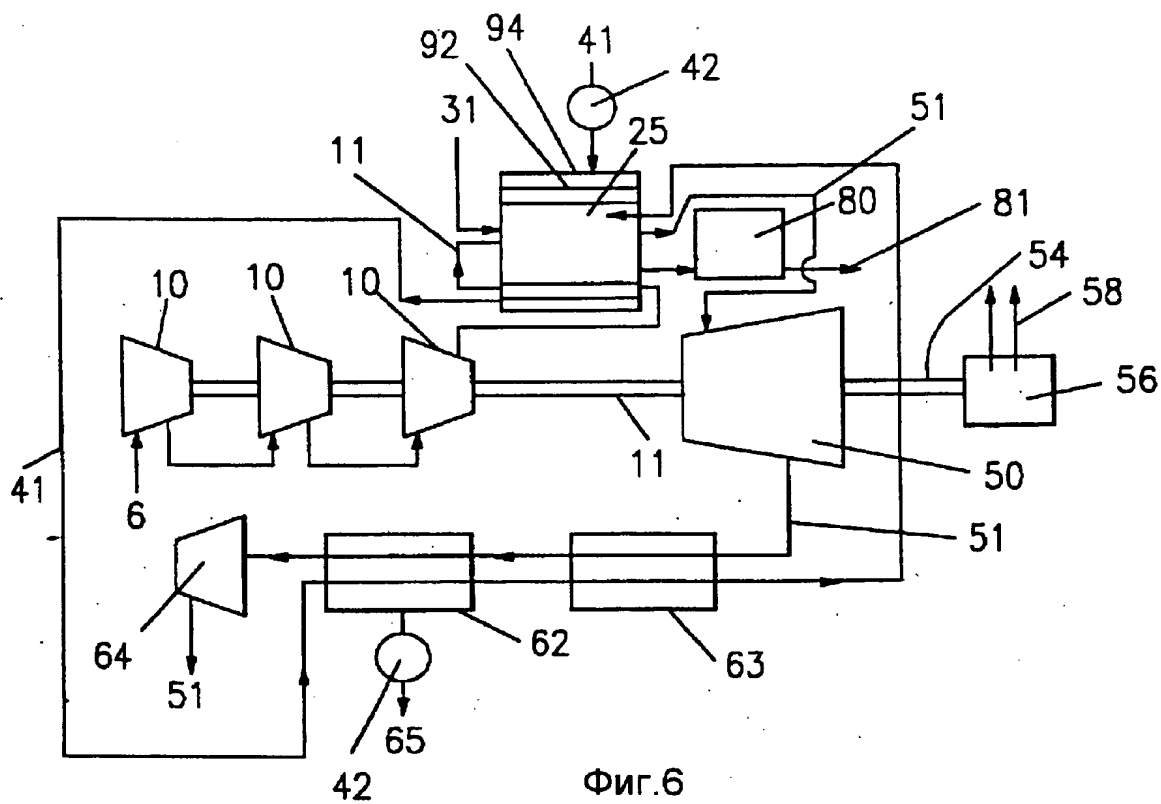
RU 2126490 C1



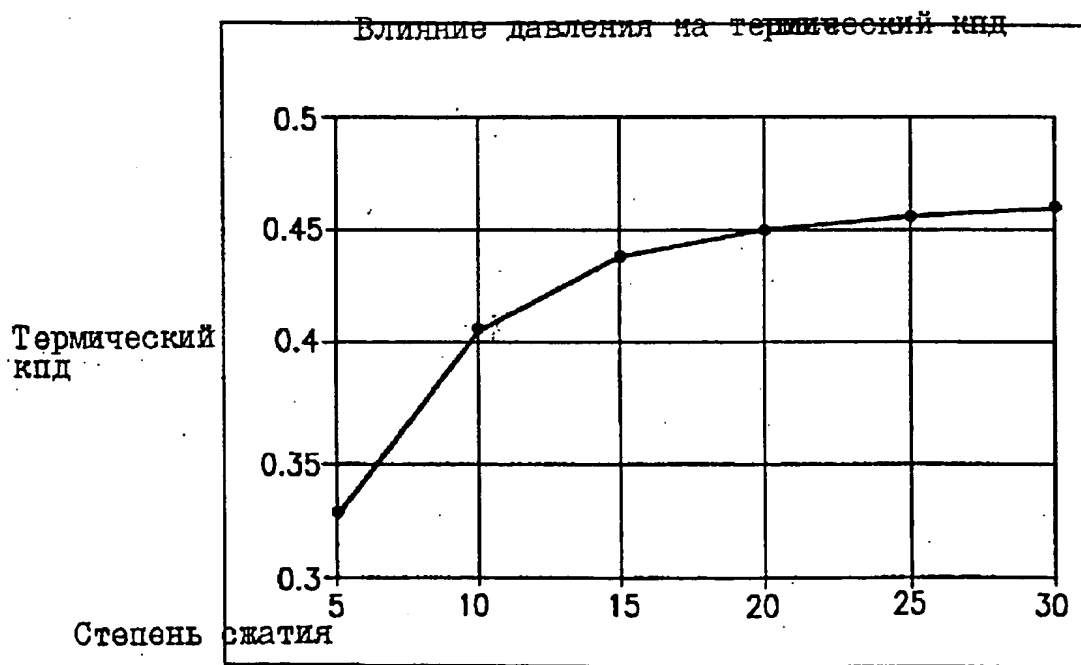
Фиг.4



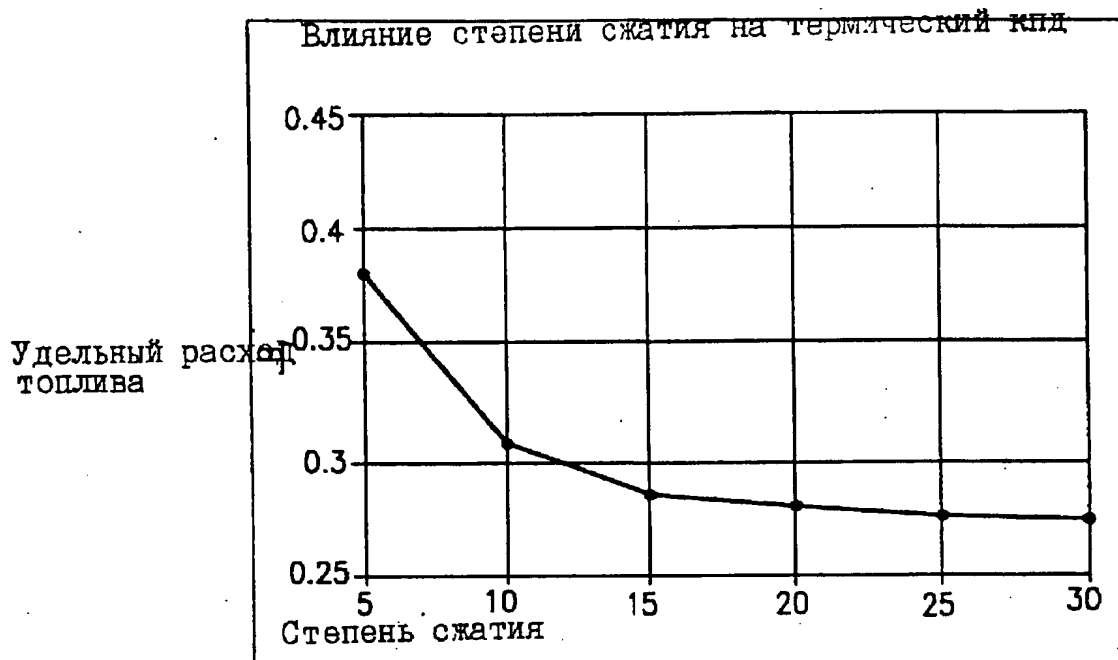
Фиг.5



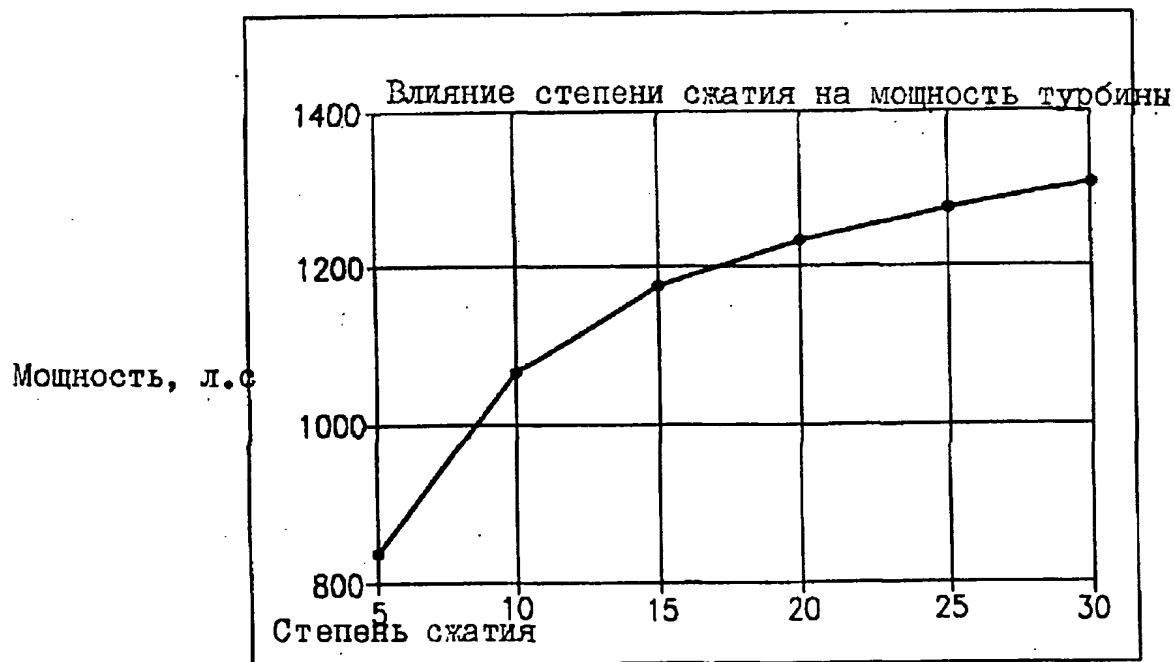
Фиг.6



Фиг.7



Фиг.8

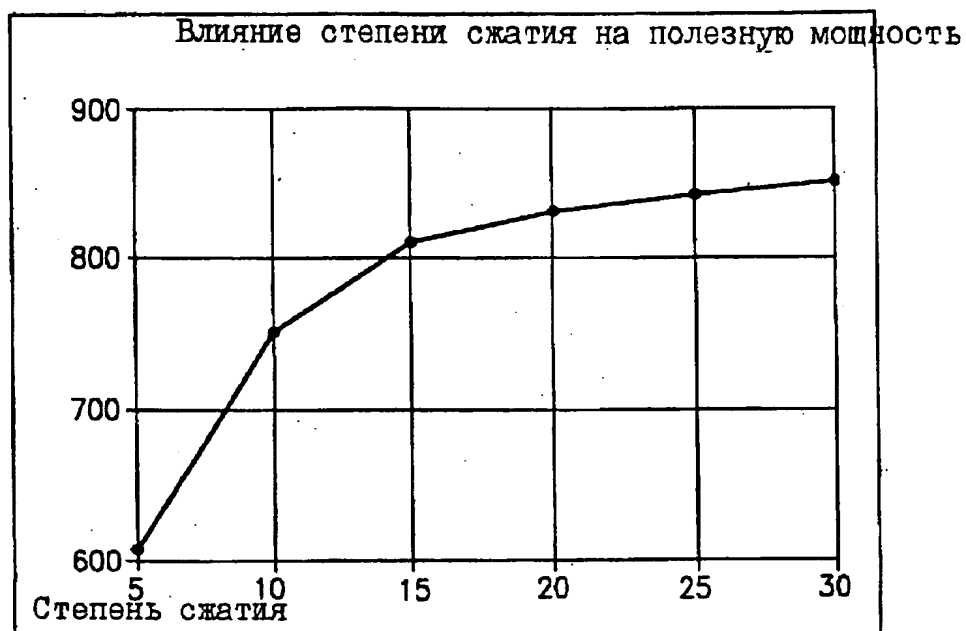


Фиг.9

RU 2126490 C1

RU 2126490 C1

Полезная
мощность



Фиг.10

RU 2126490 C1

RU 2126490 C1